

# 中国高铁发展奇迹的战略逻辑、 创新路径与成功经验

——跨越技术与市场双重鸿沟的研究视角\*

□ 张明玉 王树祥 曾德麟 夏宇寰 邬文兵

**摘要：**中国高铁从后发追赶到全球独步领先，是一个需要进行系统研究并值得众多领域学习和借鉴的重要议题。本文基于中国高铁技术创新的战略演进，分析了大国创新战略逻辑，并通过知识、技术、市场的转化逻辑构建了“K-T-M”分析框架，探讨了我国高铁所跨越的6个创新环节鸿沟和2个创新模式鸿沟，从中揭示了大国创新的自主跨越模式及其有效的制度安排。创新永无止境，从目前一次曲线的“迭代创新”到未来二次曲线的“换元创新”，从技术产品已经取得成功的“正向创新”到原理回归的“本源创新”，从国内“建构型市场创新”到“双循环市场创新”，中国高铁已然走上了大国创新的发展道路。在对高铁创新研究的基础上，论文进一步提出了创新驱动的“KTM-RCV”新质发展模式，并给出了新型举国体制下政府与市场动态权变与最优区分的发展建议。

**关键词：**大国创新；战略逻辑；跨越鸿沟；制度安排

## 一、引言

中国高铁从落后追赶到领跑世界，承载着时代脉搏奔驰在广袤的祖国大地。后来居上的中国高铁究竟如何实现如此卓越且迅速的技术赶超，走在世界前列？虽然以往研究已从企业、行业、产业、国家多个层面探讨了影响中国高铁技术赶超的因素，其中包括企业层面的技术能力建设（贺俊等，2018）、组织学习，行业层面的试验体系构建、长效合作（吕铁和江鸿，2017），产业层面的政策保障（黄阳华和吕铁，

---

\* 基金项目：教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目（23JZD009），北京交通大学基本科研业务费资助项目（2023JBWZLL002）。感谢主编张志学教授的支持以及审稿人的真知灼见。

2020) 以及国家层面的有效干预 (吕铁和贺俊, 2019) 和制度激励 (路风, 2019)。但不可否认的是, 以上发现多是仅从某一个或几个切面来诠释中国高铁的成功实践, 且多为借着西方理论讲中国故事。伴随着工程技术创新和建设实践的开拓, 越来越多科技工作者逐渐发现, 以原子式思维为问题解决导向、以西方发达经济为基础的社会情境、以私营企业为主体的创新体系构成, 无法全面指导中国的重大工程建设实践 (盛昭瀚等, 2019), 亟待具有中国特色和智慧的理论作为指导。而中国式理论则需要根植于中国独特的情境和客观实践历程。

从战略逻辑视角深度剖析, 中国高铁的崛起绝非历史偶然, 而是立足国家长远发展宏图、顺应时代变革趋势的必然抉择。对内, 它深度嵌入区域协调发展战略的核心架构, 以高速化、网络化、智能化的交通动脉打破地理阻隔与行政壁垒, 加速资本、技术、人才等关键生产要素的跨区域高效流通, 催化城市群聚合效应, 驱动产业梯度转移, 为经济结构优化升级铺就坚实跑道, 为国家的内生增长夯实了核心根基。同时, 沿线站点经济蓬勃兴起, 带动城镇化进程提速, 促使城乡二元结构逐步消解, 实现发展红利普惠共享, 全方位夯实国家内生增长根基。对外, 高铁承载着独特的外交使命, 化身“外交新利器”, 凭借卓越的技术集成与工程实施能力, 在国际基建市场崭露头角。“高铁外交”范式不仅拓宽国际合作疆域, 更在全球地缘经济版图中巧妙嵌入中国影响力, 强化与各国互联互通纽带, 为构建人类命运共同体注入交通动能, 助力中国以从容自信的姿态迈向世界舞台中央。

聚焦于创新维度, 中国高铁的奋进历程是一部波澜壮阔的自主跨越史诗。技术创新层面, 中国研发团队无畏攻坚, 冲破西方技术封锁藩篱, 从高速动车组的核心动力系统、轻量化车身材料研发, 到列控系统、通信信号技术的国产化替代, 逐一攻克前沿关键难题, 铸就世界领先的高铁技术体系, 让“中国速度”傲立全球。运营管理创新领域, 融合大数据、人工智能等新兴技术赋能运维流程再造, 精准客流预测、智能调度指挥, 极大提升运输效能与服务品质, 确保海量客流高效集散, 旅客体验持续升级。建造工艺创新更是独树一帜, 针对复杂多样的地质地貌, 开创性研发特殊施工技法、巨型工程机械装备, 驯服崇山峻岭、江河湖海, 于天堑通途间镌刻中国智慧印记, 为高铁线路全球拓展开辟坦途。

综上所述, 本研究将深入剖析中国高铁在战略布局、创新驱动、制度安排三方面的成功经验与实践路径, 抽丝剥茧解析其背后的行动逻辑以及独具匠心的自主跨越模式。旨在为全球交通产业变革、后发国家技术追赶乃至中国迈向高质量发展阶段萃取可资镜鉴的智慧结晶, 指导未来科技创新与大国崛起之路径抉择。

## 二、中国高铁技术创新战略的演进

本部分试图立足于中国精准施策、高瞻远瞩的高铁技术创新战略, 以战略实践复盘为始, 以战略理论创新为终, 思考如下问题: 同样采用“市场换技术”, 为何中国高铁能够摆脱技术引进的路径依赖, 通过自主创新达成传统汽车行业尚未企及的辉煌成就? 中国高铁如何通过

战略选择，实现从“追赶者”到“领跑者”的蜕变？纵观中国高铁历史，其技术创新战略可以划分为如下五个阶段（见表1）。

表1 中国高铁发展的代表车型（技术创新）

阶段	2004 年以前	2004—2008 年	2008—2012 年	2012—2018 年	2018 年至今
阶段行动	试验探索 自主奠基	博采众长 适应改进	正向设计 迎头赶上	掌话语权 自成体系	绿色智能 开拓进取
代表车型	1. “蓝箭”：首款批量生产的时速 200km 动车组； 2. “先锋号”：创造 292.8km/h 纪录； 3. “中华之星”：创当时中国铁路第一速 321.5km/h 纪录	1. CRH1 系列：由中国南车与庞巴迪合资的 BST 生产； 2. CRH2 系列：由南车四方与日本合作生产； 3. CRH5 系列：北车长客引进法国阿尔斯通技术	1. CRH380A 系列：中国南车四方股份公司生产的时速 380 公里动车组； 2. CRH380C：以“鲨鱼”头型为特色，具有较高的运行速度和稳定性	1. 复兴号系列：中国新一代高速动车组，实现多元技术升级，包括 CR400AF 和 CR400BF 等型号； 2. 出口车型：如出口到印度尼西亚的雅万高铁动车组等	1. 智能京雄：京雄建筑信息模型（BIM）设计数据成为数字雄安新区城市信息模型（CIM）平台的核心部分；在大兴机场站基于 BIM 交换，与机场建设实现数字协同； 2. 数字川藏、智能梁场等
阶段战略	内部创新	开放创新	使命创新	标准创新	ESG 创新
创新跨越	GAP1：应用创新—探索创新				
		GAP2：模仿创新—自主创新			
	GAP3：核心技术—技术体系				
	GAP4：产品开发—早期市场				
		GAP5：早期市场—成熟市场			
				GAP6：持续创新—独步创新	

### （一）试验探索，自主奠基（2004 年以前）

中国高铁比发达国家起步晚了 40 多年，技术基础薄弱、企业设施落后，后发追赶面临重重困难。理论上，后发企业往往从技术引进出发进行技术追赶。然而中国高铁发展初期，中国经济实力和落后的技术不足以支持技术引进与转化。面临技术和设施落后的困境，中国高铁如何通过独立研发攻克技术难题？这一阶段的研究成果对后续的技术引进再创新有何重要影响？

在国力不足和高铁技术基础薄弱的现实因素下，中国高铁研发分阶段、专注轮轨技术路

线稳步进行。20 世纪 80 年代，中国铁路在运力不足的困境中探索高铁发展路径，通过对既有列车的提速和扩编，边探索、边研发、边改造，积淀了扎实的技术理论。至 20 世纪 90 年代，中国开始正式对高速铁路核心技术攻坚克难。经过广泛调研考察和专家咨询论证，出于技术兼容性、成熟度和造价考虑，放弃采用磁悬浮技术，明确了轮轨技术方案。此前已有列车的提速改造，也为轮轨技术系统的自主研发提供了丰富的前期研究基础。

这一阶段中国高铁的技术创新战略主要表现为内部创新战略。内部创新战略强调构建在

有机互动基础上的创新体系。这一体系以大学、企业、研究机构等为核心要素，通过整合内部资源、提升研发能力来实现资源共享、技术创新和价值创造（陈劲和阳银娟，2012），包括主体协同、场景适配和技术突破等关键环节。

主体协同方面，中国高铁联合科研院所和高校打造科研平台，承担大量高铁科研课题，积累了经验和技術能力。面临企业内部研发水平不足、设施落后的困境，国家科委和铁道部发布了300余项高铁科研课题，科研院所和高校建立实验室进行重点攻破。比如，代表车型“中华之星”，在政府资助下，由数家铁道部直属的车企、科研院所和高校形成的铁路行业产学研体系，联合设计研发，并创造了当时321.5公里的中国铁路最高时速。尽管未投入实际运营，却积累了相关知识技术、发展了中国高铁的研发范式，并为高铁产业研究与发展奠定了坚实的人才基础。

场景适配方面，中国高铁通过搭建多样化的模拟实测环境，实现技术理论与实际场景的有机结合。通过积极构建系列模拟运营场景，测试列车在不同速度、气候、地形下的实际表现。秦沈客运专线66.8公里的综合试验段，模拟并实测了高速铁路的各类技术场景，涵盖了高速钢轨铺设、特殊材质接触网应用等标准设计，全面验证了“神舟号”“先锋号”及“中华之星”等多种类型动车组的性能与安全平稳性，促进了高铁技术的安全性、科学性、多样性发展。通过场景协同，不仅拓宽了中国高铁技术类型，加速了技术的成熟进步，也为后续的高速铁路建设和运营积累了宝贵的经验。

技术突破方面，中国高铁以试验性探索为

主线，同时追踪世界先进技术进行国产化转化，积累了关键技术能力和系统集成能力。为避免闭门造车，“先锋号”作为中国第一列动力分散车型，跟踪了日本第三代新干线技术进行试验探索。在铁道部组织下，专家组赴外技术考察、国外专家来华技术交流，但这其中并未进行任何技术转让，而是由浦镇车辆工厂、铁道科学研究院、上海铁道大学等联合独立研制，并进行试验运营。在此阶段，中国铁路行业产学研体系遵循国际技术标准，全面主导高铁车辆的研发设计与系统集成，致力于通过试验性探索跨越GAP1（应用创新—探索创新）和GAP4（产品开发—早期市场）。尽管由于各车企研发力量相对分散导致合力不足，大量关键部件仍需进口，但这一过程显著提升了企业的研发经验和系统集成能力。这些积累为后续技术的引进消化再创新以及鸿沟跨越构筑了稳固的基石，促进了中国高铁的持续进步与发展。

## （二）博采众长，适应改进（2004—2008年）

虽然自主奠基阶段积累了宝贵的技术能力和人才梯队，但中国高铁制造能力和企业自身研发水平尚显不足。2004年，《中长期铁路网规划》发布，绘就了里程超过1.2万公里的“四纵四横”客运专线网的宏伟蓝图。铁道部为实现中国高铁的“跨越式发展”，决定引进世界先进技术，将高铁技术的后发追赶置于较高起点。此前，中国汽车行业在进行“引进技术、联合生产”时，大多只导入了产品，没有掌握技术，更没有形成中国品牌。中国高铁如何避免重蹈覆辙？如何真正掌握核心技术，使引进技术为我所用，而非过度依赖致使自身研发能力下降？

该阶段中国高铁采取开放创新战略，即企

业在技术创新过程中同时利用内部和外部相互补充的资源实现创新（陈钰芬和陈劲，2009）。开放的本质是外部创新资源的获取和利用，该战略强调企业内外创新资源的整合。具体来看，开放创新战略主要表现为以下三个方面：第一，评估内部资源，2004年前，中国车企已对轮轨式动车的技术系统进行了多维度探索，研制产品种类丰富，积累了大量经验能力，并坚定了走动力分散型的技术路线。此时，中国高铁制造技术和研发能力不足，但具备充分的知识经验和技能基础，能够吸收转化先进技术，技术引进时机已然成熟。第二，链接外部资源，铁道部和国务院秉持“引进先进技术、联合设计生产、打造中国品牌”的总体方针，启动高速动车组技术引进招标（见表2）。在招标过程

中，铁道部通过设定技术门槛、限定技术类型（动力分散型），针对性地引进切实需要的核心技术，并指定必须为“中国制造企业（含中外合资企业）”，有效增强了本土企业的主动权和制造能力。第三，资源集聚与吸收，为避免只引进产品而没引进核心技术，铁道部经过翔实的调研设计了与众不同的招标流程——“技术转让实施评价”。通过要求全面技术转让、专家培训指导、外企质量验收等方式，确保能够对引进技术进行高效的消化吸收。中国铁路骨干车企与川崎重工、阿尔斯通等国际巨头携手合作，在学习和借鉴世界先进高速动车组的成熟技术基础上，根据国内铁路客运的实际需求，对车体材料、外形、转向架设计等方面进行了针对性的技术改造和优化升级。

表2 两次技术引进招标产品

	中方	外方	型号	中标动车组
第一次招标（2004）	中车四方	日本大联合	CRH2A	3包共计60列
	中车长客	阿尔斯通	CRH5A	3包共计60列
	中车四方	庞巴迪	CRH1A	1包共计20列
第二次招标（2005）	北车唐山	西门子	CRH3C	3包共计60列
	中车四方	无	CRH2-300	3包共计60列
	中车四方	庞巴迪	CRH1A	2包共计40列

总体来看，在开放创新战略引领下，铁道部聚集各铁路部门和科研单位的研发力量，共同构建起一个开放式的创新网络，实现资源的高效整合与技术的快速迭代。由于气候、地质地貌等条件的差异性，中国引进技术往往难于直接应用。如无砟轨道系统这一核心技术，在国产化过程中，显现出高温上拱、低温断裂等问题。为此，铁道部共设立22项科研课题，聚集20多家科研、设计及施工单位开展“客运专线无砟轨道技术再创新”，成功研发出具有中国

自主知识产权的CRTSⅡ型板式无砟轨道，并运用于京津城际轨道交通工程中长达数十公里的特大桥上。中国高铁的开放式创新网络构建出的系统技术集成平台，促进了产学研的深度融合，大幅推进了系统设计、集成管理及列车控制等关键领域的研究应用进展。衍生动车组逐步国产化，虽然初期仍需支付技术转让费，但极大程度助推了中国自主技术的跨越。中国铁路成功完成了第六次大提速，逐步构建起具有自主知识产权、适应中国国情的200~250km/h

高铁技术体系。在技术和市场上分别实现了从应用创新到探索创新（GAP1）和从产品开发到早期市场（GAP4）的两大跨越，为后续高速铁路网络的全面建设提供了强有力的技术支撑和保障。

### （三）正向设计，迎头赶上（2008—2012年）

引进技术局限于给定产品和技术类型，难以完全适应中国高铁的运营环境。虽然中国对部分技术进行了再创新，但并没有完全形成正向设计能力，即以用户需求为导向，与反向设计相对，不再模仿进口产品，而是通过系统方法自主创新，实现设计制造一体化。如何形成正向设计能力进行自主创新，使得高铁技术适用中国情境？如何优化技术，实现300~350km的更高时速需求？

这一阶段中国高铁贯彻使命创新战略，通过建立自主产品开发平台，完成了从逆向工程到正向设计的能力飞跃，达到世界先进水平。使命创新战略是创新理论的重大转向，强调有意义的创新，强调政府对创新的作用不仅仅是简单的修复市场失灵，而是要创造市场或新的机会。在这一战略的指导下，创新和增长不仅要重视速度，更要重视价值导向（张学文和陈劲，2019）。具体来看，该战略的实现主要体现在以下三个方面：其一，明确使命定义。对使命愿景的更精细定义有助于建立目标和可交付成果之间的有效连接。2007年，国务院批准京沪高速铁路项目建议书，决定自主研发350km/h的高铁，以实现技术自主可控和适应国内需求。其二，覆盖创新链的系列活动。使命愿景的实现需要以整个创新链的研究和创新活动为中心，包括基础研究和应用研究之间的

反馈效应。为了有效突破关键技术、获得中国高铁的自主知识产权，2008年，铁道部和科技部签署《中国高速列车自主创新联合行动计划合作协议》，发挥两部联合优势，构建中国特色的高速列车技术创新链和产学研联盟。相较之前，此创新链覆盖范围更为广泛，整合了全国百余家企业、高校、研究中心的科技资源，从政策引导、人才储备、创新激励方面给予全面支持，进一步完善了中国高铁创新网络。其三，多个自下而上的解决方案。使命愿景很难经由单个研发或创新项目达成，而是各类项目的组合，核心表现为产品开发平台的自下而上构建。依托该平台，中国高效自主地完成了数十种高铁列车车头的概念设计、数值分析和多种工况下的仿真实验与性能测试，成功实现了对“和谐号”CRH380系列动车组的正向设计，打破了世界铁路最高运营速度纪录。中国高铁在机车车辆、列控系统、重载运输等多领域取得了大量重要技术创新成果，形成创新性技术标准，国际影响力大幅提升，从技术跟随者成为技术标准制定者，为世界铁路技术和标准的进步作出了卓越贡献。

在使命创新战略的引领下，正向设计阶段以市场需求为导向，通过自主创新，发展了高铁这一复杂产品系统的多元相关技术，全面推动了产业链升级。高铁是多领域高新技术的集成，其研发应用需要材料、机械、电力、信息、精密仪器等产业的支持，高铁也相应地带动了这些行业的发展。高铁作为复杂的产品系统由多个子系统构成，高铁接触网作为供电系统的核心，其线材技术尤为关键，直接影响高铁运行安全，被称作“高铁生命线”，但长期被国外

垄断。中国高铁依托产学研体系，通过改进合金比例、制造设备及创新工艺，成功研发出具有自主知识产权的高铁铜镁接触网导线技术，达到世界领先水平。如此，中国高铁通过结合需求特征正向设计，实现各子系统的技术优化，不仅提升了高铁在不同运营环境的适用性、降低了高铁生产运营成本，还推动了中国高铁产业链的全面升级，实现了从“应用创新”到“探索创新”（GAP2）的重大跨越。同时，技术进步也推动了中国材料科学的发展和装备制造业的升级，开始从“核心技术”迈向“技术体系”（GAP3）。

#### （四）掌话语权，自成体系（2012年至今）

现代工业体系下的规模化生产彰显了标准对社会经济活动的巨大推动作用。然而，前期为激发良性竞争，中国通过引进再创新的方式，形成了20余种列车型号。不同车型的编组方式、操作界面等标准各异，影响列车的检修维护、连挂运营和互联互通，因此需要额外准备各型号的备用车，不利于中国高铁的安全高效运营和盈利。此外，高速列车关键技术未能实现完全自主化，对中国高铁“走出去”的战略实施构成了极大障碍。

出于上述原因，中国高铁贯彻标准创新战略。标准创新战略是后发企业创新性地研制和推出技术标准的行为。通过创建新的标准，后发企业实现对既有标准的替代，或填补技术标准体系中的空白，标准创新因而成为提升技术标准话语权的核心举措。具体来看，该战略主要包含以下三方面行动：

战略引领方面：战略引领是后发企业进行标准创新的重要起点。后发企业的标准创新既

不能盲目执行国际技术标准，也不能一味追求本土创新而忽略国际统一遵循和认可的标准。2013年6月，中国铁路总公司正式启动了“中国标准动车组研制项目”，秉承用户驱动的创新战略理念，开启中国高铁标准构建之路。之所以定位于用户驱动，原因在于高铁作为最终面向市场的复杂产品系统，唯有切实满足用户需求才能具有可持续发展的市场盈利空间。进而言之，唯有以用户需求为导向才能让各厂负责人对技术生产线变革达成统一并予以配合。毕竟作为最终使用者，用户拥有大量的经验数据和未被满足的潜在需求。掌握这些信息可以精准指导产品开发方向，缩短技术创新从投入到产生可见绩效的时间。通过早期与客户协同共生，企业能够更高效地实现技术创新和产品优化（陈劲等，2017）。

技术转化方面：技术转化是指后发企业如何选择适宜的技术成果进行标准创建。这主要探讨后发企业，如何在考虑行业发展需要以及自身对技术掌握的成熟度基础上，结合既有国际技术标准进行技术选择和标准构建。技术选择既要反映企业的技术诉求，又要体现产业和国家的整体利益。结合这一阶段的高铁发展，为了让用户需求转化为各厂负责人可切实落实的技术指标，铁科院多次召开技术设计联络协调会，设计技术方案。小至降噪座椅，大至牵引传动系统，中国标准动车组研制中的重要技术问题被反复论证研究。针对既有CRH系列动车组动拖比多样的情况（如5动3拖、6动2拖等），为方便司乘人员操作并促进关键部件的统型互换，中国标准动车组统一采用了4动4拖的编组方式，为列车连挂运营提供了坚实的

基础。

资源协奏方面：资源协奏是后发企业积累和组织相关的人力、技术等资源，并伴随着技术标准工作的推进，实现适应性调整。在中国铁路总公司的主导下，各生产厂家与科研体系的优势资源得以汇聚，通过产学研用的深度融合与协调创新，成功研制出拥有完全自主知识产权的标准化系列动车组产品。为完善中国高铁的自主知识产权，中国铁路总公司主导开展了“动车组关键技术自主创新深化研究”。由铁道科学研究院技术牵头，联合中国中车、北京交通大学和中国科学院等单位，深入剖析核心技术、明确了可形成专利的技术要点，提出了申请国际专利的前瞻性建议。这种以形成自主知识产权为核心导向的产品设计与开发模式，为中国标准动车组在“走出去”过程中有效避免知识产权纠纷提供了坚实保障。

2017 年，以“复兴号”命名的中国标准动车组，在京沪高铁正式双向首发，其整体设计、车体、转向架等关键技术与软件均实现了自主研发，真正意义上拥有完全自主知识产权。复兴号不仅是中国高铁在核心技术与标准体系上的重大飞跃，更是走出了跨越 GAP4（核心技术—技术体系）的坚实步伐，由持续创新的深厚积累向独步创新（GAP6）迈进。与此同时，石济高铁的建成通车，为中国“四纵四横”高速铁路网中的“四横”画上了完美的句号，中国高速铁路网进一步完善，实现了从早期市场探索到成熟市场稳固发展（GAP5）的华丽转身，也为中国高铁“走出去”铺就了坚实道路。

#### （五）绿色智能，开拓进取（2018 年至今）

在经济高质量发展的新阶段，实现更高质量、更有效率、更加安全以及更可持续发展

成为企业及其产品创新所追求的方向和目标。对于中国高铁而言，在先后获得技术自主可控与标准的话语权之后，如何有效实现绿色可持续发展以及如何利用信息化、数字化、智能化技术兼顾产品效率与安全，成为当下的关键议题。为此，中国高铁积极贯彻 ESG 创新战略。所谓 ESG 创新战略指的是关于环境、社会以及公司治理如何协调发展的一种新的可持续发展理念，它为企业及其产品提供了一个整合环境、社会和公司治理的综合框架，传递了追求经济价值和社会价值相统一的发展观，是实现经济高质量发展和企业可持续发展的有效抓手。具体来看，该战略表现在环境（environment）、社会责任（social）和治理（governance）三个维度。

环境治理层面，在高铁建设初期，中国铁路部门就注重减少对环境的破坏，通过科学规划线路、优化设计方案等方式，降低高铁对沿线生态环境的影响。随着高铁技术的不断进步，中国铁路部门在设计过程中推出众多绿色环保创新举措，其中京雄城际铁路是绿色高铁的典型代表：雄安站按照国家绿色建筑三星标准设计，屋顶铺设 4.2 万平方米光伏建材，预计太阳能年发电 580 万千瓦时，节约电能 30%，减少二氧化碳排放 4500 吨，相当于植树 12 万公顷。同时，京雄城际铁路在固霸特大桥穿越北落店村 847 米长的路段设置了世界首个时速 350 公里高速铁路桥梁全封闭声屏障设施。该设施可以将列车经过时的环境噪声降到 20 分贝以下，解决了列车运行噪声对沿线居民区的影响，为全世界高速铁路降噪声工程建造积累了丰富

经验。

社会责任层面，中国铁路部门依托“智能铁路”系统加强对利益相关方关系的管理，最大限度地为企业各利益相关方创造多元综合价值、释放社会责任属性。“智能铁路”系统包含智能建造<sup>①</sup>、智能装备<sup>②</sup>和智能运维<sup>③</sup>三个层面，深度融合了GIS、BIM、物联网、人工智能、云计算及虚拟现实等信息技术与设施，通过人机交互，实现勘察设计、施工过程和建造装备智能化，是信息技术、人工智能技术与工程建造技术的深度融合与集成。在工程勘察设计及仿真、自动化安装、动态监测、信息化管理等领域，该系统均得到深度应用，确保中国铁路部门及中国高铁产品能够承担广泛的社会责任。以川藏铁路建设为例，中铁高新智能装备制造基地落户成都，总投资达10亿元，规划建设年产能11台盾构机整机及5万吨桥梁钢结构，以智能化生产大幅提升建设效率与质量，彰显了川藏铁路在智能制造上的投入与实力。通过智能化、自动化的生产方式，川藏铁路的建设效率和质量得到了显著提升，作为一项承载重大社会责任的交通工程，对巩固民族团结、促进中国西部地区的均衡发展和共同繁荣具有深远意义。

公司治理方面，绿色化、智能化高铁技术的发展离不开企业的治理结构调整和治理水平优化。具体表现在以下三个行动：（1）战略规划与政策支持：中国国家铁路集团有限公司等高铁企业积极响应国家“双碳”目标和可持续发展理念，通过制定相关政策和规划，高铁企业明确了绿色化、智能化发展的目标和路径，为技术的研发和应用提供了有力保障。（2）技

术创新与研发投入：公司治理在推动高铁绿色化、智能化技术发展中发挥了关键作用。高铁企业加大技术创新和研发投入，通过建立科技创新平台和研发体系，高铁企业不断提升自身的技术实力和创新能力，为绿色化、智能化技术的发展提供了有力的技术支持。（3）内部管理与合规运营：公司治理还涉及高铁企业的内部管理和合规运营。高铁企业加强内部控制和风险管理，确保绿色化、智能化技术的研发和应用符合相关法律法规和行业标准。通过完善质量管理体系和安全生产标准，高铁企业不断提升产品质量和服务水平，为旅客提供更加安全、便捷、舒适的出行体验。

综上所述，中国高铁的绿色创新与智能制造是一个不断探索、不断进步的过程。通过不断的技术创新和ESG战略实施，中国高铁实现了从持续创新到独步创新的鸿沟（GAP6）跨越。在此过程中，中国高铁深刻实践了钱学森先生的系统观、整体观（钱学森等，2007）从着眼核心技术研发转化为技术体系构建，至此全面跨越了GAP3，为全球铁路行业的发展提供了有益的启示和借鉴。

中国高铁用二十余年完成从后发追赶到超越领跑的飞跃，技术创新战略的引领作用毋庸置疑，其呈现出内部创新战略—开放创新战略—使命创新战略—标准创新战略和ESG创新战略的演化历程（见图1）。不同于主流研究

① 基于BIM的工程建设管理、桥隧路轨工程智能化施工、四电工程智能化施工、客站智能化建造。

② 智能动车组、智能牵引供电、智能列车运行控制、基于4G的铁路无线通信。

③ 智能检测监测、智能服务、智能安全、智能调度、智能车站。

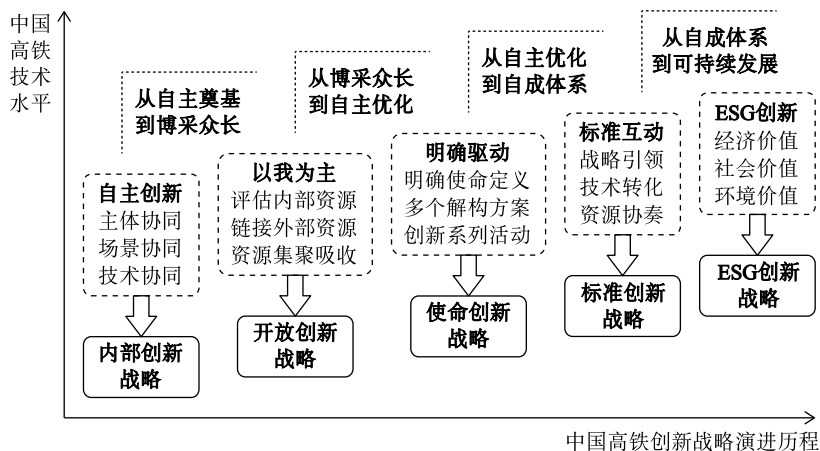


图1 中国高铁技术创新战略演进模型

尚停留在中国高铁是技术引进还是自主创新的路径争论，本文立足于技术创新战略视角，以期总结出适用于推动后发国家复杂产品系统技术进步的 innovation 战略演进规律。可以发现中国高铁的战略演进逻辑如下：（1）在中国高铁的自主奠基阶段，内部创新的战略选择有利于破解后发国家在研发技术落后的情况下进行“冷启动”的挑战（欧阳桃花和曾德麟，2021），具体以主体协同、场景适配和技术突破的共演实现了初步独立研发和能力积累，为之后的技术引进和再创新构筑基石。（2）在中国高铁的博采众长阶段，开放创新的战略选择以评估内部资源、链接外部资源、资源聚集与整合的路径，实现了技术的高效消化吸收和再创新，逐步构建起具有自主知识产权的高铁技术体系。（3）在中国高铁的正向设计阶段，使命创新的战略选择通过明确使命定义、覆盖创新链活动、自下向上解决方案三个方面实现了创新从增量到存量的质的变化，即：通过正向设计实现了技术的自主创新，打破了世界铁路最高运营速度纪录，从技术标准跟随者转变为技术标准制定者。（4）在中国高铁的自成体系阶段，以技术

创新为基础、以标准创新为战略导向，构建了完善的技术标准体系，成为技术引领者，为“走出去”的目标铺就了坚实道路。（5）在中国高铁的开拓进取阶段，追求安全、高效且可持续的发展目标促使中国高铁以 ESG 创新战略为引领，依托绿色创新与智能制造技术，创造环境、社会和治理等多元价值。进而言之，以上创新战略循序渐进，从着眼于技术吸收、组织协同到更高层面的标准话语权以及综合性价值创造，本质上体现的是一种总体创新、大创新的创新思维范式，其精髓在于充分吸收钱学森先生的系统观、整体观，而着眼于重大创新（盛昭瀚和于景元，2021）。

总而言之，高铁技术创新战略的演进过程，其背后蕴含的战略逻辑呈现以下三点特征：

第一，独立自主与开放合作的战略融合。中国高铁作为复杂产品系统，其复杂性伴随着系统层级链攀升而提高。因而其对自主设计的追求代表着自上而下完成复杂性降解、实现复杂产品系统的整体开发。这有助于研制主体掌握复杂产品系统的自主知识产权制高点，从而在关键系统的供应商选择上更具主导权。进而

言之，自主设计本质上是产品层级（相较于亚产品层级而言，即给定产品设计下）的创新，有助于后发国家通过研发实践掌握产品开发的技术本质规律，从而形成投向市场的产品和孕育于组织内部的技术能力（路风，2018），这也是后发国家得以实现如高铁一类复杂产品系统持续性技术进步的关键。而在关键系统层面的开放集成则顺应了全球化和信息化的时代潮流。通过开放集成，企业能够充分利用全球创新资源，实现技术、人才、资金等要素的优化配置（周麟等，2023），有助于降低研发成本，缩短产品上市周期，提高市场竞争力。同时，开放集成还能够促进不同领域、不同企业之间的合作与交流，推动技术创新和产业升级的协同发展，并实现优势增益。

第二，效率思维与安全思维的战略平衡。效率思维最直观的体现是中国高铁在速度上的数次突破，如从最初“蓝箭”的200km/h到“复兴号”的350km/h。其背后是对社会经济快速发展和大规模人口流动需求的战略响应。进而言之，以往需要数小时甚至更长时间的旅程，通过效率思维下的高铁发展战略，可以在短时间内完成。这有利于促进区域间的经济交流、产业协同等诸多方面的发展。而与之融合的是安全思维，这是高铁运营的首要原则和底线保障。特别是伴随着高铁的不断提速，安全思维唯有贯穿于高铁建设、运营的全过程，才能确保列车高速行驶时的平稳性和安全性。安全思维的坚守也推动中国高铁不断突破效率思维极限。而二者的战略融合离不开技术创新的助力，如智能化技术既能监测车辆的关键部件温度、振动等参数，及时发现潜在的安全隐患；还可

以用于优化列车运行效率，例如通过分析线路状态数据，调整列车的运行速度，以达到最佳的能耗和运行时间平衡。

第三，关键技术突破与整体系统创新的战略统一。先发国家往往倾向于在实现关键技术突破的基础上通过各技术的组合来实现产品整体的开发，因为其具备良好而扎实的工业基础，即：其技术突破是在原有产业核心技术上的更新、发展或转移，并拥有较多资源支撑其在不同技术路线上的探讨（唐伟等，2022）。然而中国高铁面临的是技术、经济与国际环境等多方面条件不足的制约，因此有必要实现关键技术突破与整体系统创新的战略平衡，具体表现为：从系统整体出发首先厘清最紧迫最核心的国家需求，立足现有条件重新定义系统架构，将整体系统的自主设计作为打破技术封锁与把握技术主动权的关键战略；进而基于总体设计还原、统筹各个关键技术的突破，为中国高铁的加速追赶乃至超越领跑注入动能。

### 三、中国高铁自主创新模式分析

#### （一）中国高铁自主创新分析的理论基础

从中国高铁创新发展的战略历程可以看出，中国高铁的创新发展涉及技术创新、产品创新、市场创新以及管理创新与体制创新，其中以技术创新为核心的创新发展又经历了从自主探索到模仿创新、再从模仿创新到自主创新的螺旋发展过程。为了系统性研究中国高铁的创新发展，首先要对创新的知识要素特征、创新活动的二元链条、创新发展的双维度推动三个核心问题展开理论性剖析，然后在此基础上构建具

有逻辑关系的系统性分析框架，才能更好地阐释中国高铁动态性、系统性的创新发展。

### 1. 创新驱动与知识要素的边际特征

1912 年，熊彼特（Joseph Schumpeter）首次系统提出了“创新理论”。该理论认为经济发展是经济自身发生的一种非连续的变化，这种变化来源于创新，即把生产要素和生产条件的“新组合”引入生产体系，其中包括制造新产品、采用新生产方法、开辟新市场、获取新的供应来源、形成新的组织形式。同时，熊彼特也阐述了创新过程始于创造新技术（发明），接着是新技术的商业应用（创新），最后在新市场上推广（扩散）。2007 年，迈克尔·波特（Michael E. Porter）提出的创新价值链（Innovation Value Chain, IVC）指出，创新是价值创造的链条和过程。总体而言，创新价值链包括两个创新端点，第一个端点是知识管理，第二个端点是创新收益，中间是复杂的创新过程，既有纵向利用式创新和探索式创新交互以及从技术创新到市场创新的链式关联活动，也有行业内创新竞争或价值共创等横向关联活动，还包括与创新价值链相关的学习曲线、商业模式等创新体系。

首先，创新所需要投入的核心要素是知识要素。迈克尔·波兰尼（Michael Polanyi, 1966）把知识分为显性知识和隐性知识，显性知识是可以通过语言或符号系统进行表达、复制与传递的知识，而隐性知识则是难以描述或表达的知识，如经验、认知、直觉、思维模式等，有时出于某种目的的知识隐藏、封装、保护也会形成知识隐性。据此，野中郁次郎和竹内弘高（Nonaka 和 Takeuchi, 1995）提出了显性知识和

隐性知识相互转换的 SECI 过程（又称知识螺旋），揭示了显性知识和隐性知识在个体、群体、组织、社会的不同主体间进行群体化（socialization）、外显化（externalization）、整合化（combination）与内隐化（internalization）的动态转换过程以及在这种过程中实现的知识传递与再造。诺贝尔奖获得者乔尔·莫基尔（Joel Mokyr, 2002）在他的理论体系中使用了“有用知识”（useful knowledge）概念，并将其划分为侧重于在科学原理和理论层面回答“为什么”的“命题知识”（propositional knowledge）和侧重于在实用技术和应用层面关于“如何”去做的“规训知识”（prescriptive knowledge），以揭示知识在经济增长中的双重属性，并强调了不同类型知识之间的互动对于推动技术进步的决定性作用。

其次，显性知识与隐性知识具有重要的差异化作用。隐性知识的作用和特点与 Prahalad 和 Hamel（1990）所定义的“有价值的、不可完全模仿的、不可完全替代的和独特的资源和能力”核心竞争力概念相吻合，而且 Hamel（1991）认为由于隐性知识难以转移、难以获取，而使其成为企业竞争优势的源泉。Teece 等（1997）也认为隐性知识是企业提升动态能力并建立竞争优势的基石，甚至 Lubit（2001）提出企业的竞争优势不是来源于资源、市场，而是来源于企业的隐性知识。Jacqueline（1995）认为企业较为领先的观念、技能和经验均是以隐性知识的方式存在，隐性知识对企业创新具有更重要的作用。张永宁和陈磊（2007）经过研究发现创新过程中起主导作用的是高度专有、难以学习的隐性知识，而不是易于理解、传播和掌

握的显性知识。

另外，知识推动创新的核心在于知识的边际效益递增。边际效益递增与递减是经济领域普遍存在的一种变动规律，被誉为是动态考察经济社会发展的“最后单位”。作为生产要素的知识要素与物质要素有着截然不同的边际效益特性，经济学家克拉克（Clark，1923）较早地发现了“知识是惟一不遵守效益递减规律的要素”。物质要素普遍存在边际效益递减，只有知识要素的边际效益递增（Romer，1986），因此以罗默（Romer，1986）和卢卡斯（Lucas，1988）为代表的经济学家提出了“新增长理论”（又称“内生增长理论”），该理论认为好的想法和技术发明是经济发展的推动力量，知识可

以广泛传播且能以极低的成本复制，以及它可以几乎无止境地变化与提炼因而产生边际效益递增，从而在本质上解释了知识与创新对经济增长的内在核心作用。

知识要素有其独特的属性和特征，并且可与其他物质类生产要素深度融合，形成新质的复合生产要素。企业投入最为广泛的是知识与物质相结合的复合生产要素，复合生产要素的边际效益是物质生产要素边际效益递减与知识生产要素边际效益递增交互叠加，叠加的结果将使复合生产要素的边际效益发生递增性位移，即由于知识的融合对复合生产要素的边际效益产生了递增性的改善作用（王树祥等，2014）（见图2）。

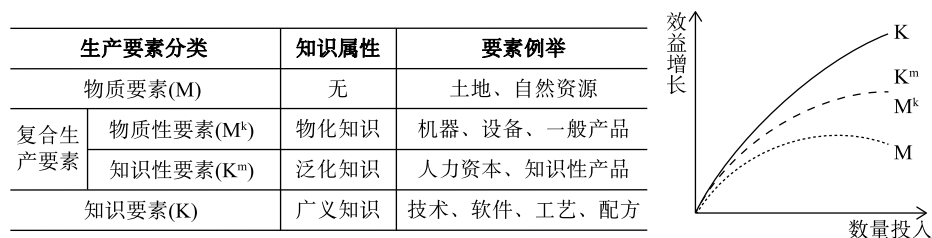


图2 生产要素分类与生产要素边际特性（参考王树祥等，2014）

## 2. 创新活动与二元创新价值链

创新活动具有不同的创新方式并经历复杂的创新过程。March（1991）将创新活动分为利用式创新（exploitative innovation）和探索式创新（exploration innovation）。利用式创新指企业利用现有的知识和资源对原有技术进行改造和完善，优化工作效率，提升现有产品和服务水平，属于小而微的一种创新方式；而探索式创新则是指企业欲取得重大创新突破所采取的幅度较大的创新活动及方式，强调企业脱离既有市场，开拓出全新的业务领域，创造出利基市场，更侧重于技术变革（Gilson 和 Madjar，2011）。

March 在研究中还发现，相较于探索式创新，短期内的利用式创新可以快速、有效地为企业带来可观的经济效益，但从长期来看过于依赖利用式创新会给企业带来毁灭性的打击，因此探索式创新更能为企业带来长期、持续的发展动力。Kumar 等（1999）持有相同的观点，其认为，对于发展中国家企业而言，为提高生产能力和产品竞争力需要引进先进的大量技术以及培养自身的技术研发创新能力，但从长远发展来看，单纯的引进技术对于技术发展的贡献甚微。同时，March 的另一个观点认为，利用式创新和探索式创新之间存在一种平衡，这种二元

创新之间的平衡被 Tushman 和 O'Reilly (1996) 称之为双元性创新 (Innovation Ambidexterity), 可见双元创新还是一个异质性的交互过程。

创新是一个包含多环节创新链条甚至是嵌入创新网络体系的复杂过程 (见图3)。企业创新价值链中一般包含两条异质性的子价值链, 一条是“显性知识 (Explicit) — 利用式创新 (Exploitative) — 产品外延属性 (Extended) — 相对竞争优势 (Comparative)”的“EITC”子价值链; 另一条是“隐性知识 (Tacit) — 探索式创新 (Exploratory) — 产品核心属性 (Core) — 绝对竞争优势 (Absolute)”的“TECA”子价值链, 两条异质性的子价值链不但存在双元性交互, 而且呈现出双螺旋交织的发展结构。具体来讲, 技术开发与技术应用一般是从“已知知

识”“显性知识”或“隐性知识”的开发与利用, 更多是依靠“EITC”子价值链发挥主导作用, 在短技术周期内推动“1 - N”的创新。而研发创新则更多是针对“隐性知识”“未知知识”的探索, 转而依靠“TECA”创新子价值链推动长技术周期的“0 - 1”创新。而且, 由于显性知识与隐性知识之间存在巨大的获取差异以及明显的知识边界, 利用式创新和探索式创新存在差异性较大的模式转换或范式革命, 所以双螺旋创新价值链在两条子价值链边界处存在着创新拐点, 如果创新组织没有能力实现从“EITC”到“TECA”的创新转换, 则会因无法跨越模式转换的“创新鸿沟”而掉进“利用式创新陷阱”, 难以通过自主创新实现更高阶的探索式创新突破。

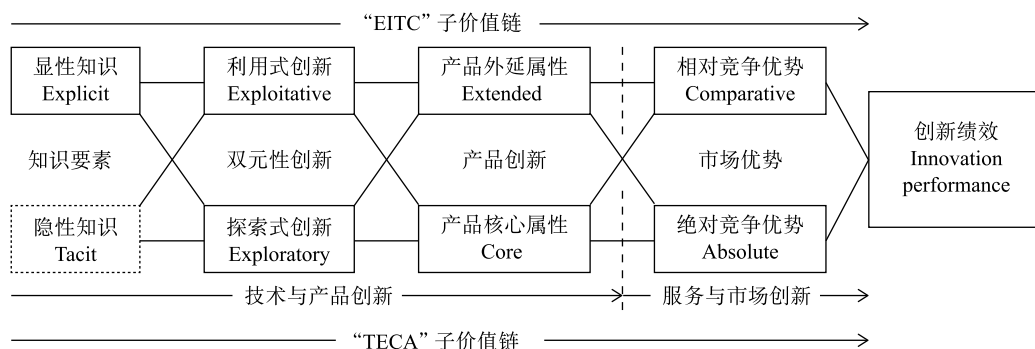


图3 双螺旋创新价值链 (参考孙建军等, 2022)

在双螺旋创新价值链中, 包含着技术创新内置到产品后产生的技术差异与功能属性差异。产品普遍具有从内核到外延的结构化属性, 产品的核心属性创造了产品的核心使用价值与核心市场价值, 如通信是手机的核心属性, 交通是汽车的核心属性, 产品的核心属性是产品存在使用价值的根本理由, 也是进行市场竞争的核心优势所在。产品的拓展属性或附加属性属于产品的外延属性, 外延属性依托核心属性而

存在, 外延属性丰富了产品的功能价值、使用价值以及客户价值, 如汽车的娱乐功能、外观、颜色、品牌、服务等。与此相关, 影响产品核心功能或关键性能的技术一般为产品的核心技术, 作用于产品核心属性上的知识属性与技术创新, 推动了产品技术的长周期发展, 并可使产品取得市场绝对竞争优势, 而作用于产品外延属性上的知识属性与技术进步, 更多地推动了产品进步的短周期, 并使产品获得市场竞争

的相对优势。

### 3. 现代经济增长与双维度推动

众所周知，柯布 - 道格拉斯生产函数是解释宏观经济和微观企业发展最常用的一个重要理论，但柯布 - 道格拉斯生产函数成立的前提是在一定技术条件下，也就是说柯布 - 道格拉斯生产函数只可静态揭示企业重复再生产或扩大再生产过程所创造的价值产出，而没有揭示出创新对生产的核心推动作用，即没有破解“一定技术条件”的约束前提。知识经济时代，人们已经普遍认识到创新是价值创造的源泉，破解柯布 - 道格拉斯生产函数的内生经济增长模型则更加内涵性且全面性地解释了经济增长及其内生动力。由此可见，无论是宏观的经济发展还是微观的企业发展均是由两个维度推动的，一个是连续再生产及扩大再生产推动维度，另一个则是创新推动维度，两个维度叠加推动了企业与经济发展。连续再生产及扩大再生产推动维度是在一定的技术和管理条件下的连续、反复的生产过程，主要是对经济发展实现量的推动。创新推动维度通过技术和管理的创新突破，使连续再生产及扩大再生产维度在更高的技术水平上运营，是推动经济产生跳跃的发展

过程，是对经济发展实现质的推动。两个维度不断交互，推动经济螺旋上升发展。

传统社会由于科技发展缓慢，生产力发展水平相对落后，且处于供不应求的基本状态，所以社会生产以追求满足供求关系的数量增长为主，整个社会呈现出生产主导。经历过工业化大生产之后的知识经济时代，生产力发展水平日新月异，推动社会进入供过于求的市场状态，超竞争环境进一步将发展推向了创新深水区，价值链前置到知识要素的投入，经济发展呈现出“双双螺旋”，即探索式创新与利用式创新形成一个创新结构双螺旋，核心（属性）技术与一般（外延）技术形成创新属性双螺旋（见图4）。在这个双螺旋结构中，企业可能同时开展探索式创新和利用式创新相结合的“二元性创新”（Tushman 和 O'Reilly, 1996），也可能由于企业资源与能力的有限性，或企业需要在一定的技术周期内从市场收割创新利益而采取“间断平衡创新”（Katila 和 Ahuja, 2002）。在间断平衡创新过程中，分别存在从利用式创新到探索式创新跃迁的正向跃迁和从探索式创新向利用式创新跃迁的负向跃迁（Swift, 2016）。企业开展这种双向跃迁的转换常伴随着“研发

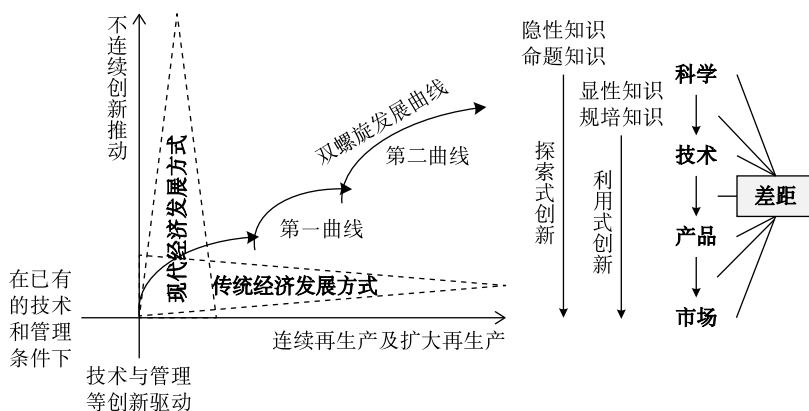


图4 创新推动下的企业双螺旋发展模式（参考王树祥和唐琮沅，2006）



投入跳跃”，研发投入跳跃可作为组织进行探索式研发与利用式研发转换的代理变量，代表组织通过时间上的转换来平衡探索与利用，以实现组织间断式平衡二元（Mudambi 和 Swift, 2014）。但从宏观经济面和总体市场考察看，具有变轨性质和迭代作用的破坏式创新（Schumpeter, 1912）、根本性创新（Utterback 和 Kim, 1986）、颠覆式创新（Christensen, 1997）最终会通过技术和产品优势实现市场颠覆。任何过迟和不充分的反应都会带来重大的机会成本，给企业能力的进化和变革带来致命的打击（魏江等, 2011）。

产品在市场中有生命周期的，而产品生命周期的核心本质实际上是技术周期，技术的演进直接决定了产品在市场中的表现和持续时间，技术一旦被替代，产品也必然从市场中走向衰退。Foster（1986）描述了技术生命周期的单 S 曲线特征，在技术研发缓慢起步期，技术性能提升有限；在技术突破的快速成长期，性能指数级提升，在技术成熟期，接近技术极限，改进边际效益递减。在多元创新的动态环境下，双 S 曲线模型在起作用，即代表现有主导技术的第一条曲线已进入成熟期，而代表新兴替代技术的第二曲线处于起步或成长期，真正来临的技术威胁取决于两条曲线的交叉时间和替代速率，且新旧技术间的断层构成“技术不连续性”，是企业兴衰的关键转折点。Handy（2016）进一步强调第二曲线的作用，任何一条增长曲线都会滑过 S 曲线的顶点，即边际增长的极限，持续增长的秘密是在第一条曲线仍处于上升期而非衰退期之前开启新的 S 曲线，最迟不晚于第一曲线的财务极限点，且第二曲线

不是对第一曲线的简单改良或延伸，而是颠覆式创新。进一步而言，除了在一次创新曲线之上进行迭代创新外，还存在着更高阶的根本性创新、突破性创新、破坏性创新、全新创新、不连续创新，这类创新脱离了原有的技术路线，沿着新的技术轨迹和技术范式，重新定义技术产品并创造全新的性能特征，这类二次创新曲线可被称为改变技术范式的“换元创新”与“科学革命”（Kuhn, 1962）。

企业创新的核心动力并非源于创新行为本身的自驱属性，而是深度植根于双重价值牵引：一是对创新成果的经济激励与市场回报预期，二是为摆脱同质化竞争、构筑差异化壁垒而产生的“逃离竞争效应”（Aghion, Akcigit 和 Howitt, 2015）。众多研究已证实，创新是企业突破竞争困局、跻身市场头部阵营的核心路径，其直接价值体现为获取超越完全竞争市场与不完全竞争市场的“市场溢价”及“超额利润”。这种超额收益的产生，本质上源于技术创新及配套专利所承载的三重核心属性：先进性构建技术壁垒、稀缺性降低替代风险、垄断性锁定市场话语权。而这三类属性通过市场化转化，可进一步衍生出李嘉图租金、张伯伦租金和熊彼特租金等多元租金形态，也可通过企业资源投入与能力提升，创造彭罗斯租金（罗珉等, 2005），从而形成企业的持续性与增值性收益来源（见表3）。

由此可知，“科学—技术—（产业）产品—市场”是一个多环节、长链条、双螺旋的创新结构与过程，而在这个水平和时间双维度建构的创新体系中，不同企业处于不同层次的技术水平和创新水平，不同企业也可能在开展不同

表 3 基于企业经济租金的创新激励

经济租金理论	经济租金类型	经济租金来源
超出完全市场 或不完全市场 所获取的 “超额利润” “市场溢价”	帕累托租金	在完全竞争市场及技术等条件不变情况下，消除不确定性因素，取得边际成本等于边际收益的最大化
	李嘉图租金	寻求由自然环境等因素以及生产要素缺乏供给弹性而导致的资源稀缺性和资源异质性所产生的 R 租金
	张伯伦租金	在不完全竞争市场结构中企业通过加强市场力量获取 M 垄断租金，以及进一步形成寡头的 C 垄断租金
	熊比特租金	由企业家推动，通过“创造性破坏”等企业创新行为而产生的 S 创新租金，也称 E 企业家租金
	彭罗斯租金	依靠企业异质性资源和动态能力（资源 - 能力 - 价值 RCV 模型）及其交互融合而获取的租金（综合）

水平的创新或创新追赶，这在相对层面是由于存在“技术差距”或谋求“技术优势”。而在单一企业或单一领域的绝对层面，从科学到技术的创新转化或从技术到科学的创新探索，既需要跨越“技术创新鸿沟”，从技术到产业/产品，再从产业/产品到市场，也需要跨越多个“创新转化鸿沟”。同时既要避免过度聚焦于“现有能力”和“当前优势”导致的“成功陷阱”，又要避免过度聚焦于“探索未来”和“创新风险”导致的“失败陷阱”（Levinthal 和 March, 1993）。后发企业实现颠覆性创新也要跨越从科研到开发的“魔川”以及技术演进的“死亡之谷”与市场扩散的“达尔文海”三个阶段，企业在这一过程中如何把握不同阶段的痛点与难点成为模式跃迁的关键（Christensen, 2003）。

因此，研究中国高铁的创新发展跨越，需要在整合诸多创新理论的基础上构建一个从“知识要素—创新模式—创新产品—市场验证”的综合分析框架，探讨其在创新水平与创新时序上如何突破各环节的“创新鸿沟”而实现成功，进而通过其成功实践寻求可资借鉴的经验

与启示。

## （二）中国高铁自主创新研究框架

高铁是改革开放以来中国技术赶超最为成功的产业之一，高铁产业无论是技术赶超效率以及技术赶超效果，还是整个行业的技术能力和技术水平提升，都可以称之为中国产业技术赶超的样板（吕铁和贺俊，2017）。中国高铁巨大的科技进步和伟大的建设成就在全世界产生了知名影响，已经成为新时代国家形象建构的科技符号（张洋和胡钰，2023）。

有鉴于此，众多学者纷纷聚焦高铁创新展开了多角度的深入研究，研究视角和研究结论主要包括：（1）高铁是集机械、力学、电气、电子、计算机、通信、材料等学科为一体（满勇和刘颖琦，2021），包含高速动车组、通信信号、线路设施等多个子系统在内的复杂巨系统。复杂产品系统是高技术、高价值、工程密集的产品、系统、网络和设施（江鸿和吕铁，2019），围绕复杂产品体系所开展的创新活动更具有体系化、层级化以及架构性、集成性等特征。大部分学者分别从多元主体建构（高柏，2016；高德步和王庆，2022；李政和任妍，

2015; 林晓言等, 2017)、整合创新(高柏, 2016; 路风, 2019; 吕铁和贺俊, 2017; 吴欣桐等, 2020)、动态能力(江鸿和吕铁, 2019; 张艺等, 2018)、模式演化(李显君等, 2020; 吕铁和江鸿, 2017; 满勇和刘颖琦, 2021; 张奔等, 2021; 张永凯和汤庆园, 2023)以及机制创新(黄阳华和吕铁, 2020; 吕铁和贺俊, 2019)等多角度展开研究, 给出了系统化构建、动态化推演及其制度安排的阐释。

(2) 中国高铁创新属于后发追赶, 大部分学者肯定了“引进、消化、吸收、再创新”这一基本模式的重要作用, 但众多学者更是将其看作为“引进学习”阶段的过程创新, 在此之前的“独立研发”阶段以及在此之后的“自主创新”阶段起着更为重要的核心作用(路风, 2019; 吕铁和江鸿, 2017)。因而, 中国高铁创新的总体道路仍属于自主创新, 只是在自主创新发展道路的策略选择上运用了“模仿创新”并经历了“技术学习”阶段。中国高铁的自主创新属于应用导向的基础研究与基础理论背景的应用研究密切结合的创新(张艺等, 2018), 具有非常明确的商业化应用导向(吕铁和贺俊, 2019); 高铁创新包含逆向研发与正向设计的双向学习与创新(李显君等, 2020; 吕铁和江鸿, 2017); 高铁创新属于架构和元件同时发生变化的激进创新(路风, 2019); 高铁创新是战略驱动下开放创新、协同创新与全面创新构成的整合式创新(吴欣桐等, 2020)。

(3) 中国独特的体制和政府的引导在高铁创新中起到了重要的推动作用, 主要体现在“集中力量办大事”的自主创新制度安排(高柏等, 2016; 盛光祖, 2014)。孟捷和张梓彬

(2023)以高铁经验中体现的国家和市场间关系对高铁创新做出阐释, 认为社会主义基本经济规律、国家协调、建构市场是国家的经济行为, 建构性市场和与之关联的政府内竞争是“集中力量办大事”的制度中介。吕铁和贺俊(2017)认为中国高铁创新的政府干预、行政垄断和国有企业产权安排这些与主流经济学存异的制度基础和产业组织结构特征, 恰恰形成了创新导向的选择机制、有控制的市场竞争、有效的微观主体激励, 并未与主流经济学的机理相悖, 只是“殊途同归”。有鉴于此, 吕铁和贺俊(2019)进一步描述了中国高铁技术赶超过程中政府干预的真实情景和行为特征, 从而提炼出了政府有效驱动高铁技术发展的独特边界条件, 但该研究认为影响中国高铁技术赶超的制度性因素(边界条件)对其他产业的借鉴意义较小。除此之外, 贺俊等(2018)基于政府在中国高铁部门创新体系中发挥的独特作用, 深入分析了宏观层面的市场机会、改革进程与政府嵌入的微观激励结构, 并通过与汽车等产业的后发追赶对比, 提出了“集中力量办大事”的边界条件。江鸿和吕铁(2019)从复杂产品系统创新视角构建“制度安排—企业能力”框架, 分析政府通过制度安排来协调市场, 并通过政企能力的互动培育提升复杂产品系统的战略集成能力、项目集成能力和技术集成能力, 从而推动技术创新。黄阳华和吕铁(2020)则通过“体制改革—行为人网络—技术赶超”三者之间关系的动态演进, 分阶段研究了中国产业体制改革塑造了行为人技术创新的激励结构, 揭示了供给与需求的集权与分权制度通过行为人网络对高铁创新产生了权变的影响。

在众多学者研究的基础上，本文结合 Moore (1991) 的“跨越鸿沟”、Bower 和 Christensen (1995) 的“颠覆式创新”和 Foster (1986) 与 Handy (2016) 的“第二曲线”思想，构建了“知识—技术—市场”的“K-T-M”分析框架（见图 5），对高铁的自主创新路径进行三维度度和长周期的研究，以期通过宽视角和长视野揭示中国高铁自主创新已经历的跨越以及未来实现高质量可持续发展所面临的创新鸿沟。其中，“K-T”是通过知识与技术的关系对高铁

创新所依赖的知识要素展开基础研究；“T-M”是对技术与市场的关系跨越展开研究，并按时间和作用维度划分为包括市场及应用导向的创新跨越“T←M”和新技术产品实现市场跨越的“T→M”；“M-T”是对创新升级和创新迭代展开持续研究；“T-K”是对换元创新（方式、原理和范式变化引致的创新）做出展望性研究，即本文的研究周期包括后发追赶已经形成的“自主创新”、当前独步引领的“迭代创新”以及未来可能面对的“换元创新”。

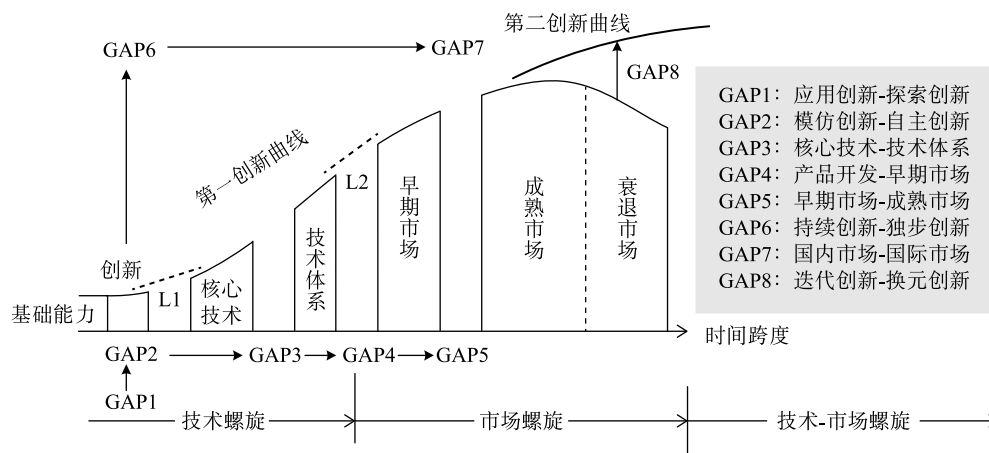


图 5 “K-T-M” 框架的创新跨越路径

知识是技术与创新的核心要素。知识可分为显性知识和隐性知识，而隐性知识又可细分为相对的隐性知识和绝对的隐性知识。显性知识是可表述、可传播的知识，组织或个体可在一定或公开范围内通过知识搜索以及知识学习获得。而私有化知识（如企业秘密、技术专利等）以及非编码知识，虽然属于人类已经探索出来的已知知识，但对于知识主体之外的不同组织或个体却不能或无法拥有（Kimble et al., 2010），这类知识属于相对的隐性知识。而人类相关主体尚未探索到的未知知识，则属于绝对隐性知识。从产品的角度看，知识又包含模块

化知识、核心脉络的架构性知识和系统结构的体系化知识。如果模块化知识归属于产品的核心属性或位于知识网络的核心节点，则该知识模块属于核心知识，与其相关联的技术则属于核心技术。核心知识以及核心知识脉络构成产品知识与技术的核心架构，核心架构形成复杂产品体系的技术路线。非核心的模块知识依附于核心架构而存在，构成完整的知识体系，形成功能更加完善或应用更加丰富的产品以及产品谱系。由此，利用式创新更多是与显性知识高度相关，而探索式创新则与隐性知识高度相关（孙建军等，2022）。同理，参考 Henderson

和 Clark (1990) 对复杂产品创新是否发生在架构层面或模块部位, 可进一步将创新是否发生在核心部件或模块产生了核心技术, 引致产品或系统的核心功能发生了重大改变, 或者创新

发生在非核心部件或模块产生了非核心技术, 促进产品或系统的整体功能得到了提升或完善, 再结合知识类型与创新模式的关系, 构建如图 6 所示的创新体系, 用以对高铁创新进行分析。

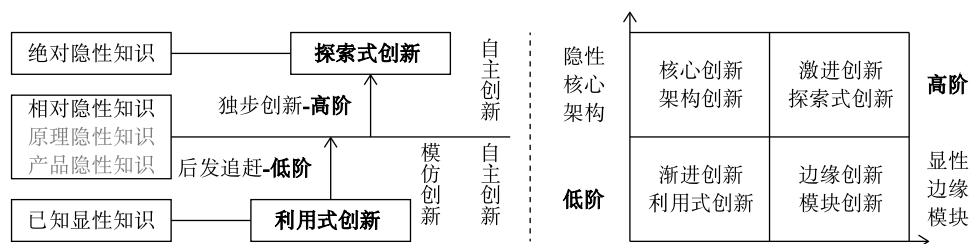


图 6 二元与双阶创新的逻辑和结构关系

### (三) 中国高铁自主创新发展模式

#### 1. 技术层面的创新发展

早期的“自主奠基”阶段, 中国同时探索内燃动车组、动力集中型电动车组、动力分散型电动车组等几种技术路线, 技术方向尚不明晰, 创新平台和技术架构无从搭建, 各种创新资源既没有形成组织整合也没有形成技术整合, 高铁创新仍处于没有被“秩化”也没有被“构化”的萌发状态。此阶段中国主要依靠自身力量进行“独立研发”, 虽然也少量借鉴或引进了国外先进技术和系统, 但国外的核心技术处在知识产权的“隐性保护”下, 核心设计仅源于对国外产品的模仿和改造 (吕铁和江鸿, 2017)。中国相关主体在“隐性探索”能力有限的情况下, 自主开发出了四大类 13 种动车车型, 预期通过“自主研发”跨越 GAP1 (应用创新—探索创新) 和 GAP2 (模仿创新—自主创新), 自主创新虽取得了一定的成效, 但创新水平仍属于“渐进”和“利用”层级, 并没有取得跨越式成功。

在“博采众长”阶段, 高铁技术路线与产品路线统一选择了动力分散型电力动车组, 形

成了高铁发展的核心技术架构 (动车组总成—系统集成技术、车体技术、转向架、牵引变压器、主变流器、牵引电机、牵引传动控制系统、列车网络控制系统、制动系统), 然后有效延伸到了复杂产品与项目 (轮轨高铁、无砟轨道、无缝钢轨、高速道岔、铁路数据通信、列控系统) 以及高铁相关产业体系 (建设工程、高速列车、通信信号、牵引供电、运营管理、风险防控)。由此, 高铁创新同时被“秩化”和“构化”, 即相关主体一致发展动力分散型交流传动动车组, 按动力分散型交流传动动车组技术架构构建了相应政产学研的组织架构, 同时形成了以铁道部—铁总为网络层级和以中车企业为核心节点的行为人网络 (黄阳华和吕铁, 2020) 以及具有集成能力的产业组织 (吕铁和贺俊, 2017)。此阶段, 跨越 GAP1 和 GAP2 的“自主创新”模式转到了“模仿创新”模式, 通过逆向工程 (吕铁和江鸿, 2017) 进行高强度学习, 突破了第一阶段的创新瓶颈, 奠定了第三阶段的基础, 等于通过“产品 + 技术”的联合招标采购, 将“相对隐性知识”解码为“显性知识”进行知识学习和能力提升, 大大降

低了后发追赶的难度和进程。与此同时，承接加拿大庞巴迪、法国阿尔斯通、日本川崎重工以及德国西门子等公司稳定的技术路线和成熟的技术体系，通过技术整合实现与世界技术体系与产品发展潮流接轨，也等于通过这个桥梁，搭建了后期 GAP4（产品开发—早期市场）和 GAP5（早期市场—成熟市场）的“T—M”跨越跳板（如图 2 所示 L1、L2 跳板），使中国的高铁创新在第三阶段直接走向“M—T”创新升级。

经历“博采众长”进入到“自主优化”阶段，科技部和铁道部开展联合攻关，自主研发、正向设计，制造生产出了“和谐号”CRH380（350 km/h）动车组，使中国高铁通过“自主创新”实现了 GAP1、GAP2 跨越，并实现了从“模仿创新”到“自主创新”、从“应用创新”到“探索创新”的双模式升级，同时拓展到了 GAP3（核心技术—技术体系），不仅在轮轨动力学、气动力学控制、车体结构等关键技术上实现了重大突破，而且在抗高寒酷暑、耐雪雨风沙等环境适应性等方面取得了全面创新。至此，中国高铁构建了从“K—T”到“T—M”的“K—T—M”完整闭环创新体系，并顺利完成了 GAP1—GAP5 跨越，推动中国高铁走向成熟发展的“创新升级”阶段。

在“自成体系”阶段，中国高铁开始强基、补链、升级。在这一阶段，支撑高铁持续创新的知识要素从“产品隐性知识”转向“原理隐性知识”，实现了从“K—T”再到“T—K”的“本质与内源”式创新升级。如果不能从源头搞清轮轨关系、弓网关系、流固耦合关系、机电耦合关系、环境耦合关系等这些逻辑原理，持

续创新将为无源之水、无本之木，创新提升逐渐偏向科学的基础研究（程鹏等，2011）。另外，高铁关键零部件越来越多地开始实现国产替代的同时，还同步进行了标准统型工作。2017 年 9 月具有完全自主知识产权和技术标准体系的“复兴号”CR400（350 km/h）标准动车组投入运营，不同厂家出产的车辆不但可以互联互通，相同速度等级的动车组还可以重联运行。

到“可持续发展”阶段，中国高铁完全实现了从“后发追赶”到“全面领跑”的跨越。一方面，高铁关键部件和核心软件实现自主突破，整车寿命、牵引功率、运行阻力等主要性能指标再次提升。2024 年 4 月，拥有 100% 自主知识产权的 CR450（400 km/h）正式下线，运营速度再次提升至 400km/h，至此中国高铁形成了时速 160km 到 400km 不同速度等级、8 辆短编到 17 辆超长编不同编组形式、动力集中和动力分散不同动力牵引模式，能够适应高原、高寒、湿热、风沙等多种运行环境的复兴号系列化产品体系。另一方面，中国系统掌握各种复杂地质及气候条件下的高铁建造成套技术，在超大跨度桥梁、复杂地质隧道等方面不断实现新突破。同时，中国还全面掌握了复杂路网条件下高铁长距离运营管理成套技术，CTCS-3 列控系统实现了对列车精准到秒的控制定位，350km 高铁列车最小追踪间隔降到 3 分钟，建成了全球访问量和交易规模最大的 12306 铁路互联网售票系统。

从“自主奠基”到“可持续发展”五个发展阶段，中国高铁成功跨越六个 GAP，正在进入 GAP7（国内市场—国际市场）和 GAP8（进

代创新—换元创新)的跨越。GAP7 仍属于“第一曲线”的正向连续或非连续性创新,即在已有技术轨道上形成连续谱系的持续创新(技术创新和市场创新),但独步引领的创新更是依靠绝对隐性的知识,需要回到“T-K”进行本源创新。GAP8(迭代创新—换元创新)则属于“第二曲线”的反向非连续性创新,即“第二曲线”创新是技术轨道转换甚至是技术范式转变的创新,也就是说高铁的第二曲线创新绝不是寻求突破物理极限的轮轨高铁,更多可能是诸如真空高铁的换元创新,创新始点会重新回到“科学原理”到“创新构念”上来,对原有创新的“路径依赖”极有可能造成“在创新,再落后”的“追随者陷阱”。

2021 年国家铁路局印发的《“十四五”铁路科技创新规划》显示,当前中国高铁创新仍在轮轨高铁的道路上继续向着高速化、智能化、绿色化的方向发展。中国高铁行业相关主体致力于“迭代创新”与“市场创新”时,2013 年马斯克曾提出过发展超级高铁(Hyperloop)的计划,他认为超级高铁通过突破摩擦阻力和空气阻力可以达到 1200km 的超高时速。美国科技公司 ET3 也公布过“真空管钢运输”计划。2017 年 8 月 29 日,中国航天科工公司在武汉宣布,已启动时速 1000km“高速飞行列车”研发项目,后续还将研制最大运行速度 2000km 和 4000km 的超级高速列车。随着众多超级高铁研发计划浮出水面,“磁浮”与“真空”双赋能的超级高铁也许就是轮轨高铁未来的换元创新产品,一旦“第二曲线”的“换元创新”取得成功突破,将对仍在轮轨高铁领域进行“迭代创新”的企业形成降维打击。因此,中国高铁

创新要学会两条腿走路,一条腿立足现在,一条腿要跨向未来,这是战略与平衡的意义。创新驱动的发展时代已经不是“做一代、研一代”的问题了,而是要“做一代、研一代(迭代)、谋一代(换元)”。

## 2. 市场层面的创新发展

市场是创新的目的,创新推动并服务于市场。探讨高铁创新需要研究创新与市场两个阶段的关系,即市场导向的创新或需求引致的创新“ $T \leftarrow M$ ”以及创新产品如何有效开拓市场“ $T \rightarrow M$ ”。众多学者主要针对前者开展了高铁自主创新的成因研究,提出了高铁创新属于新巴斯德象限创新(张艺等,2018),国家主体(铁道部/铁总)发挥核心作用,承担了创造市场、引导市场的职能,通过制度和组织安排将高铁创新的相关部门集成为一个“建构市场”(孟捷和张梓彬,2023),铁道部既作为国家力量的行政主体又作为系统集成者和唯一用户(吕铁和贺俊,2019)嵌入这个市场中,事先给相关创新主体以明确的市场预期,如铁道部在启动“中华之星”项目时,明确该车型将实现产业化,且订单由南车和北车均分。此举相当于先期屏蔽了 GAP4(产品开发—早期市场)及 GAP5(早期市场—成熟市场)的市场接受风险,这在完全市场环境中是不存在的。

在建构型市场结构下经过 20 年发展,国内高铁已经成网络、成规模。据国家铁路局发布的《2024 年铁道统计公报》显示,截至 2024 年全国铁路营业里程达到 16.2 万公里,其中高速铁路已达到 4.8 万公里,动车组拥有量 4806 标准组、38448 辆。随着国内高铁的进一步发展,网络效应以及网络的向心效应虽然持续增强,但

网络的边际效应将开始逐渐接近倒 U 型拐点，越是处于网络边缘的高铁线路，经济性越是同比下降，国内建构型市场逐渐走向成熟发展阶段。

另外，市场又分为现实市场与潜在市场，二者共同构成可持续市场。如果没有一定的潜在的市场拓展，现实市场造就多高的产能，未来就有多高的产能过剩风险，尤其是高铁这种长周期运营的产业，随着增量线路和产品转化为存量运营，增量型高铁建设工程和动车组产品窗口期逐步收窄，国内高铁市场需求逐步趋稳，就要加强推进海外高铁市场的拓展了。而这种市场才是高铁创新真正要面对的自由市场竞争，而且是国际化的市场竞争，这将重回 GAP4 和 GAP5 的“T-M”跨越考验。

### 3. 经济支撑的创新发展

部分学者从技术与管理的角度剖析高铁创新，部分学者关注高铁创新的溢出效应，却很少有学者将其与经济效益关联起来。

创新是企业获得可持续竞争优势的必要条件，Mudambi 和 Swift (2014, 2016) 研究表明，即使为了保持短期盈利绩效也不应该减少对创新的持续投入，不稳定的创新投入意味着短视的决策，而且那些没有削减创新投入来保持收益的企业更有机会实现从利用式创新到探索式创新的跨越。高铁的创新投入可分为两个部分，共性技术、关键技术、基础研究等部分国家主体承担了很大程度的投入，如 863 计划、973 计划、支撑计划等国家科技计划，自然科学基金项目的直接费用支持和国家重点实验室、国家工程研究中心的间接费用支持，而且这些研究基本是在明确的技术路线和技术体系甚至是在“建构的技术机会”下进行的（吕铁和贺俊，

2019）。企业主体更多承担了技术研发到产品研发的费用，而且这种投入基本都是在稳定预期的前提下“预支”的，这是其他“非建构市场”的产业领域和“非建构性创新”模式无法比拟的。

尽管如此，高铁发展仍要考虑经济与效益问题，但高铁作为基础设施以及兼具公共产品属性，使高铁的创新发展具有较强的社会效益和拉动效应。高铁通过改变运输成本和要素可达性来优化产业布局，引发产业的集聚或扩散，进而带动沿线经济发展（周思思和逯苗苗，2023），产生了独特的高铁经济，具有较强的社会效应，如优化资源配置（李欣泽等，2017；牛子恒和崔宝玉，2022）、促进产业集聚（李雪松和孙博文，2017；马红梅和郝美竹，2020 宣烨等，2019；朱文涛，2019）、推动产业升级（李建明等，2020；黎绍凯等，2020）与高质量发展（姚博和汪红驹，2020）、提高“经济走廊”城市与城市间、国家与国家间的交流（Sevvara, 2010）等。然而，强大的社会效益和外部效益也需要一定的内部效益作支撑。对应于任何一个特定的基础设施系统，在其服务需求和经营密度达不到某个阈值之前，不但相应的人口流动和产业集聚等外部经济效益将难以实现，而且业务营收无法实现盈亏平衡甚至无法实现现金流平衡。如果高铁不能达到内外部效益平衡，就很难在经济上实现可持续（林晓言和李红昌，2024）。

另外，前一轮的经济技术发展也要考虑后一轮技术创新的更迭效应。在迭代创新和换代创新不断频发的时代，信息产业的摩尔定律（集成电路性能水平每 18 个月左右增长一倍，

而价格减半)和达维多定律(进入市场的第一代产品能够自动获得50%的市场份额,任何企业在本产业中必须不断更新自己产品的提供或使用)在某种程度上同样适用于传统产业。某一代产品占据的使用市场份额越高,更新下一代产品的沉落成本和机会成本就越大,如果创新主体与应用主体同属于一个利益主体,前一轮的市场沉淀还会降低后一轮的市场需求与创新动力,即前一轮创新的市场转化会对后一轮的创新发展起到一定的“挤占效应”,也致使下一代新技术来临时的更替成本更高。发展中国家在后发追赶的过程中有时会产生一个特殊阶段的高增长,很大程度上得益于之前的落后为

之后的进步留存了较大的“增补空间”,而发达国家经历过高水平的发展后很难再取得高速增长,就是增量转为存量,而存量周期难以有效更新,从而难以摆脱“中等收入陷阱”效应。所以,中国高铁建设也要为迭代创新和换元创新留出一定的发展空间,这样“不连续创新”也会变得有接续、可持续。

#### (四) 中国高铁自主创新的双元推动

前文基于知识的要素特征从技术和市场两个关联角度对中国高铁创新做出了“K-T-M”分析,在此基础上本文再对高铁创新过程中的热点问题——政府与市场的作用关系开展进一步的分析(见图7)。

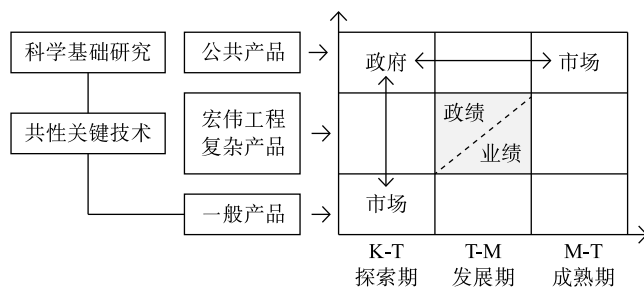


图7 “K-T-M” 框架下政府与市场的二元推动

市场与政府是两种最基本的资源配置方式,经济学讨论政府与市场的作用与定位问题,依据二元分立思想所构建的经济体系或多或少出现了或市场失灵抑或是政府失灵的现实问题,于是基于二者优势组合与权变施策的双元融合经济思想开始出现,如新古典综合派就将凯恩斯经济理论与新古典经济学相结合,形成了以市场经济为基础,同时强调国家干预的“混合经济”体系。这种混合经济体系可以更好地兼顾不同的制度体系、市场的发育程度、公共产品与私有产品不同的服务属性,甚至可以更好地服务于知识与创新这种新型经济发展方式,

这是由于知识要素比传统生产要素更加具有隐性、更加具有模糊的边界、更加具有复杂动态的权属关系,同时创新也具有与传统生产方式不同的高垄断性(知识产权)、长周期性(从研发创新投入到产品商业化会比原材料生产到成品产出经历更长的过程)、非显性与非线性(创新比生产制造更偏隐性)、高溢出性、高复杂性和高不确定性(韩寅,2015)。

中国高铁创新的成功实践就很好地体现了政府与市场通过“双向塑造”(周黎安,2023)实现了交互融合、权变发展的有效推动。高铁属于复杂产品系统创新,首先面临考验的是多

技术选择的战略决策能力、多主体的资源整合能力、多层级的集成能力，从“自主奠基”“博采众长”走上“自主优化”“自成体系”的“自主创新”是战略、组织和市场的“秩”与“构”起到了支撑作用。从轮轨与磁悬浮两类高铁实现方式，“机车+客车”传统客运、内燃动车组、动力集中型动车组、动力分散型动车组四种技术方式的战略型决策中，政府主体发挥了导向作用，标动统型之后面向环境适应性和市场化的内电双源动车组、窄轨动车组、货运高铁、可变轨高铁，也体现了高铁创新从无序到有序、从有序再到多样化的“秩”化过程。政产学研的资源整合，战略集成、项目集成、技术集成又体现出了政府主体推动的“构”化能力，更加包括“建构市场”与“建构的技术机会”，而这些高阶能力是众多企业在高铁创新初期所欠缺的。在企业能力短板得到有效提升之后的“创新升级”发展阶段，决策、整合、集成等相关职权又回归了市场与企业。这种政府“补位”与企业“归位”（吕铁和贺俊，2018）是在政企能力共演（江鸿和吕铁，2019）过程中的权变发展。

这种“有效市场”与“有为政府”的动态复合机制不仅发生在中国，也不仅发生在高铁领域。即使高度奉行“自由市场”的美国，在拓展技术前沿、抢占世界科技制高点、建设超大型技术创新项目方面也采用了举国体制，如“曼哈顿计划”“阿波罗计划”“人类基因组计划”以及在飞机、核能、计算机、半导体、互联网、生命科学、纳米技术等领域。Mazzucato（2013）指出美国是在创新领域中政府干预最多的国家，在创新过程中美国政府发挥着“企业

家国家”（the entrepreneurial state）的作用。中国的“两弹一星”、载人航天、国产航母、干线客机、特高压、盾构机等重大项目领域的创新突破也都是高铁领域之外的成功例证。当然，“举国体制”在这些特殊领域的创新模式不能生搬硬套到汽车、家电等一般性产业以及专业分布更广的信息产业中，但这不等于国家力量在这些领域无所作为，而是采用了前端化、市场化的推动措施，如基础科学研究、共性与关键技术研究，例如，“国家集成电路产业投资基金”（蒙宝思等，2024）。可见，政府干预是在企业难以企及的特殊领域、特殊环节、特殊阶段弥补市场失灵或进行能力培育，当企业具备市场化资源与能力时，市场机制会重新复位。

从高铁创新的成功经验看，政府与市场还会形成两种不同作用类型的激励，一种是市场型的经济激励（业绩），另一种是权力型的政绩激励。经济激励前置是预期性的，绩效结果是后置的，更容易促使企业追求当期利益或短期绩效，而创新尤其是探索式创新往往在长期绩效中才得以变现，很多企业缺乏这种长效绩效考核机制和创新价值实现机制。政绩激励往往是前驱的，而且是内生与外生叠加，内生激励层级对应于马斯洛需求层次理论的自我实现，外生动力来自于管理层抱负的梯阶传递，如“创新型国家”“自主创新”等国家战略和意志的逐层传递与落实。更重要的是在高铁创新中，经济激励与政绩激励不但是两种重要的推动力量，而且通过“管理体制”“产业组织结构”“建构市场”等机制创造了“给定市场机会和技术机会的创新前提”（贺俊等，2018），几乎等于将激励的期望值提高到了100%的确定值，效

价也成了经济效价与政绩效价的叠加，按照弗鲁姆的期望理论“激励力 = 效价 × 期望概率”计算，中国高铁创新在政府与市场复合作用激发出来的激励力绝对是增强型的。

面对公共产品的基础研究、重点行业的共性关键技术、宏伟工程与复杂产品的系统创新，“有效市场”与“有为政府”二元驱动的有效模式，中国高铁给出了成功的例证。

#### 四、中国高铁技术创新的成功经验

中国高铁技术创新是一个较为复杂的创新体系，涵盖了技术创新、模式创新和体制创新。在技术创新方面，中国高铁跨越了 6 个 GAP；在模式创新方面，中国高铁实现了 2 个 Chasm 跃迁；在体制创新方面，中国高铁在复杂产品体系这一典型特征领域有效践行了新型举国创新体制，为该领域的创新发展提供了有益的经验借鉴。

##### （一）创新发展模式的有效跃迁

中国高铁成功跨越 GAP1 - GAP6 之后，实现的最大转变就是从传统模式进入了创新发展模式的轨道，取得最大的成功就是实现了从 Chasm I ~ Chasm II 的跃迁。GAP 跨越主要是指通过创新实现对技术差距的追赶或技术水平的阶梯式纵向提升，以及实现从“技术 - 产品 - 市场”创新环节的横向推进。而 Chasm 跃迁则主要发生在纵向的科技创新，且属于技术模式与科学范式层级与水平的创新，它的技术影响是颠覆式的、市场影响是碾压式的、技术与市场的联合影响是降维式的。中国高铁更大的成功就是真正从传统的“生产 - 建设 - 运营”

模式系统化地走向了创新发展的道路（Chasm I 跃迁），这是其他很多行业目前尚未做到的。在此基础上，中国高铁又从模仿创新、单点创新走向了自主创新、系统创新的创新跃迁（Chasm II 跃迁），这种创新升级如图 3 和图 8 所示，是从创新子价值链“EITC”到“TECA”的创新模式转换与跃迁，它需要克服企业存在的能力刚性、组织惯例、路径依赖，以及沉落成本与资源约束，转换到一条看似流程相似实则异质性较强的“TECA”模式。

在“TECA”的道路模式上，中国高铁持续推进自主创新与核心技术突破。自主创新是中国高铁成功实现后发赶超的关键所在，目前，中国高铁正坚守自主创新的发展路线，继续加大在高速列车、牵引供电、通信信号、轨道结构等关键领域的研发投入。如 CR450 科技创新工程，推动高铁运营时速从 350km 向 400km 跨越，进一步巩固和提升中国高铁在速度方面的领先优势。此外，中国高铁秉持钱学森先生系统观、整体观的创新思维，正在同时强化基础研究与应用基础研究，重视如材料科学、力学、电气工程等高铁相关的基础科学问题研究，为技术创新提供理论支撑。同时，加强应用基础研究，例如，加强对复杂环境下高铁系统的适应性、可靠性等方面的研究，以提高高铁在不同地域和气候条件下的运行性能。此外，中国高铁还在加快推进以新质生产力为牵引推动智能化与数字化转型，积极引入大数据、人工智能、物联网等新兴技术，将新质生产力作为推动高铁行业高质量发展的核心驱动力，实现高铁的智能化运维、调度和管理。例如，通过智能监测系统实时感知列车和基础设施的状态，

提前预测故障并进行精准维护；利用人工智能优化调度方案，提高运输效率和准点。通过数字化服务升级，提升旅客的出行体验，如推广电子客票、智能安检、无感支付等便捷服务。

同时，开发更多基于移动互联网和智能终端的应用，为旅客提供个性化的出行信息和服务，推进智慧出行，打造中国轨道交通装备智能化生态圈。

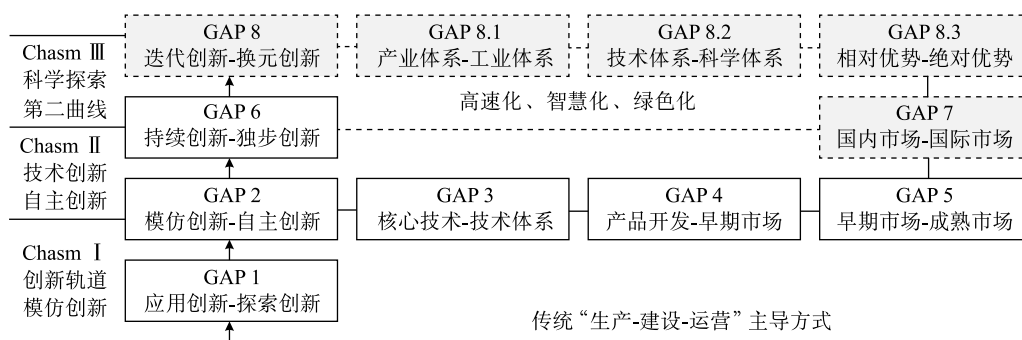


图8 中国高铁创新发展的GAP跨越与Chasm跃迁路径

进入到创新驱动的发展模式，也就等于真正走上了高质量发展的道路（如图4所示的现代经济发展方式），虽然这条道路具有差异化的“逃离竞争效应”，但在创新上也是具有更高难度的，而且需要沿着创新梯度不断进行升级，这是因为某些行业因存在并驾齐驱而激发创新竞赛（Aghion, Akcigit 和 Howitt, 2015），而且从长期发展的结果看，创新停滞最终只会导致企业逐渐衰败，尤其是第二期曲线在其他企业或其他国家出现之后。

中国高铁在高速化、智能化、绿色化发展方向以及抗高原高寒、雨雪风沙等气候环境条件下，取得了从核心技术自主攻关到全景化产业应用再到网络化市场覆盖的丰硕成果，成为大国自主创新的典范。但这些创新均属于轮轨技术路线上的动力分散型动车技术架构，“中华之星”、“和谐号”CRH380、“复兴号”CR400、“复兴号”CR450都是在该创新曲线上所取得的渐进式、连续性“迭代创新”，随着该创新路线逐渐接近轮轨摩擦与空气阻力的物理极限，其

性能边际和经济边际将逐步递减。

除了在一次创新曲线持续进行创新的渐进式、连续性迭代创新外，还存在着另外一种超越一次创新曲线的“根本性创新”“突破性创新”“破坏性创新”“全新创新”“不连续创新”，这类创新脱离了原有的技术路线，沿着新的技术轨迹和技术范式，重新定义技术产品并创造全新的性能特征，这类二次创新曲线也可被称为转换创新方向和创新路线的“换元创新”。目前，“磁浮”“真空”双赋能的超级高铁研发已经勾勒出了高铁二次创新曲线的基本轮廓，智者见于未萌，愚者暗于成事，考验我们的是大国创新如何在“迭代创新”与“换元创新”双赛道上进行创新布局。

中国高铁在一次曲线（轮轨高铁）的创新道路上，走的是“逆向研发”与“正向设计”相结合的后发追赶与创新超越路径。而今这种“路径依赖”将不再可取。中国轮轨高铁实现创新追赶与超越更多是依靠“EITC”子价值链所发挥的主导作用，在短技术周期内推动了“1 -

N”的创新。进入第一曲线的领先阶段或者要实现从第一曲线向第二曲线的创新跃迁，则必须重新面向隐性知识领域的理论源头寻找逻辑原理和技术路线（序参量），转而依靠“TECA”创新子价值链推动长技术周期的“0-1”创新。所以，无论是沿着第一创新曲线继续进行“迭代创新”，还是实现向第二创新曲线跃迁的“换元创新”，都必须向基础理论溯源，通过本源创新与正向创新相结合，走“TECA”为主、“EITC”为辅的双元性创新道路。

## （二）新型举国体制的坚实保障

科技创新作为科学活动的组成部分，既是独特进化中的知识体系，也是一种带有独特规范框架的社会体制（Merton, 1970），科学活动服务于社会，科学功能和价值被社会承认和尊重，还必须同其他社会活动相互衔接、交互影响，并经常保持一种发展势头（Ben-David, 1971），即科学与创新活动是社会化、体制化以及建制化的。乔尔·莫基尔（Joel Mokyr, 1992, 1994）的研究表明，创新是一个植根于社会结构和知识体系的复杂过程，经济制度的激励、社会文化的包容以及政治之间的竞争都是推动技术创新的基础。菲利普·阿吉翁等人（Aghion, Akcigit 和 Howitt, 2015）的研究也表明，一个经济体越接近前沿，其增长就越由促进创新的政策或制度而非促进模仿的政策或制度所驱动。

高铁产业是由多个子系统（如工务工程、通信信号、牵引供电、高速列车、客运服务等）组成的复杂产品体系，不仅需要单一技术进行深入研究，还必须实现各技术单元的有机集成，形成一体化解决方案，以确保列车在高速

运行中的稳定性及与沿线基础设施的无缝对接。因此，高铁技术的创新不仅依赖于跨区域、跨组织的资源协同配合，还需要充足的资金投入作为支撑。这一复杂系统的有效推进，离不开社会主义市场经济条件下关键核心技术攻关的新型举国体制（以下简称“新型举国体制”）。新型举国体制是以习近平同志为核心的党中央，立足国家科技事业全局，把握新一轮科技革命和产业变革发展态势，着眼于建设科技强国、实现高水平科技自立自强所作出的重大战略决策，是推动中国高铁技术实现跨越式创新发展的基本制度保障。新型举国体制是“以国家为主导，整合全国资源，集中力量攻克关键技术、解决重大科技问题的一种创新体制”，是“发挥中国特色社会主义制度最大优势的创新体制”（郭改英，2024）。新型举国体制强调综合调用政府力量和市场力量，是中国特色社会主义制度与市场经济深度融合的创新产物，是实现高水平科技自立自强的关键制度保障。它既继承了传统举国体制集中力量办大事的优势，又融入了市场经济的活力与效率，形成了独特的创新优势，对改变我国多数行业关键核心技术受制于人的局面具有很大的潜力（张三保、陈晨和张志学，2022）。以新型举国体制驱动新质生产力发展，还是构建与新质生产力更加适应的新型生产关系的关键着力点（闫瑞峰和文婧，2025）。

在新型举国体制下，中央政府在高铁技术创新中发挥了宏观驾驭与方向引领的作用。从科学论证到战略规划，从长期布局到运营管理，国家通过顶层设计为高铁技术发展提供了明确路径。例如，自“八五”计划起，高铁发展规划被纳入国家经济社会发展总体框架；到2020

年,《新时代交通强国铁路先行规划纲要》的出台,更是明确提出了中国铁路到2035年和2050年的发展目标与主要任务。这些规划确保了高铁技术创新与国家战略紧密衔接,形成了长期、稳定的发展方向。新型举国体制还进一步打破了部门与行业壁垒,整合全国科技资源,通过有组织的科技创新平台推动技术研发。例如,政府主持建立国家层面的跨部门自主创新平台,调动科研院所与企业联合攻关,搭建研发联合体和综合试验检验平台。这些措施为高铁核心技术集群攻关提供了强有力的支持,推动了关键技术的突破和成果转化。此外,市场竞争机制的引入进一步激发了高铁技术创新的活力。通过政企分开、公司制改革、混合所有制改革等,国家引入社会资本参与高铁研发与建设,形成了稳定的激励机制与适度的竞争机制。例如,招投标制度的推行避免了市场垄断,促使高铁产业链各主体在市场中动态协作与竞争,从而共同推动技术创新的持续深化。总之,新型举国体制能够在更大范围、更深层次上集聚和整合高铁技术创新要素,突出系统性耦合与高效化利用,推动创新资源的协同开发和共享共用,形成结构更优、功能更强、效率更高的整体合力。

中国的高铁市场既是建构型的(孟捷和张梓彬,2023)又是市场化的,这种二元性市场前向延伸到了技术创新的组织化安排,同时又前置了产品创新的市场安排,在推动GAP4和GAP5跨越以及实现“T-M”转化的过程中取得了较好的成效。虽然这种大国创新的“T-M”跨越机制不能完全复制到国际市场创新模式中,但是这种建构型市场的成功思路仍然是

可以借鉴的,即中国高铁“走出去”需要市场化主导,但也需要进行建构型引导,只不过这种建构是市场化建构,如技术与产品之间形成有效的市场建构、工程与产品之间形成有效的市场建构、前市场(工程与产品)与后市场(运营与运维)形成有效的市场建构、多元主体之间形成有效的市场建构,等等。

新型举国体制除了成功推动中国高铁创新发展外,唐伟等(2022)分析了中国航天复杂系统的管理与实践,同样得出了在推动空间技术、空间应用协同发展,在体系级、系统级、分系统级、设备级、元器件、原材料级等层面上加大自主创新力度,实现基础能力、发展模式、治理能力、人才培养、文化建设的高质量发展等方面,新型举国体制优势发挥了极其重要的核心作用。蒙宝思等(2024)针对集成电路产业的高技术壁垒与高研发风险特性,提出政府应通过精心设计的政策工具对该产业的市场失灵进行有效的政策干预,其中大基金为深入践行新型举国体制提供了有益的尝试。

## 五、中国高铁创新发展的经验借鉴

中国高铁创新发展的成功经验是如何从创新探索中成功走向“秩化”和“构化”,即沿着动车组轮轨发展方向跨越了6个GAP和2个Chasm,最终走上创新发展道路并实现了系统创新;相关部委、科研院所、各大企业紧密联系,共同沿着“技术引进”到“自主创新”的跨越式发展道路,构建全链条协同创新生态,实施长期战略定力与制度创新双轮驱动。因而,中国高铁创新发展的经验借鉴既包括实现“K-

T-M”创新模式转换并进入“KTM-RCV”新质发展模式的成功路径，又包括在复杂产品体系这一边界领域的新型举国体制的有效践行，还包括对其他最优区分群组的可资借鉴。

(一) 创新驱动的新质发展模式

农业时代，劳动（体力）创造了主要价值，主要生产要素为劳动力和土地。工业时代，生产要素逐渐丰富，资本、技术、劳动（技能）和土地成为重要生产要素，其中，资本占据主导地位，以资本为核心的产权制度成为企业的基本制度。进入知识经济时代，知识成为核心生产要素，知识作为一种特殊的隐性资源，是企业组织竞争优势形成的根本来源（Hamel Heene, 1994），以知识为主体的竞争逐渐成为企业竞争的主流形态（Lane 和 Lubatkin, 1998），经济增长的主要动力也从传统的要素投入转向依靠知识创造、技术进步和制度创新，通过创新赋能来提升全要素生产率以实现经济可持续

和高质量的发展，在此经济发展过程中，创新占据主导地位。因而，知识经济时代企业生产方式与经济发展方式是双螺旋结构（见图4），不仅包括传统意义的生产活动，还包括知识的开发、获取与利用，以及知识要素与其他生产要素结合，并通过知识与创新价值链等价值增值方式为企业创造出巨大的复合价值（王树祥等，2014）。这种双螺旋结构呈现出以创新为核心的“K-T-M”双生产架构（见图9），即以技术为核心，既包含前向的产品生产方向，又后向拓展到知识生产方向，进而知识又广泛参与到生产要素融合（见图2的复合生产要素）、知识要素流通、技术创新、产品生产等过程（见图4），形成知识与创新的赋能与提升，形成“K-T-M”的创新链条。进一步地，该创新链条外化到各类生产要素资源的获取、拼凑、整合，内化到以创新能力为核心的动态能力，形成“KTM-RCV”新质发展模式。

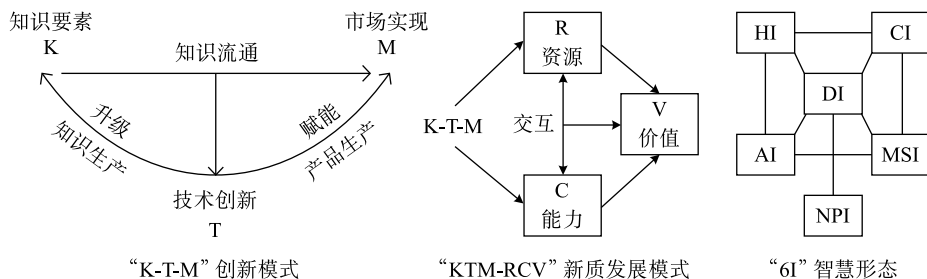


图9 “KTM-RCV”新质发展模式

知识形态的创新模式（K-T-M）与信息形态的运营模式相结合，还形成了“6I 赋能”型的智慧发展形态。工业时代的机器（Machine）进化成了“硬件 Machine + 软件 Software + 智能 Intelligence”的“MSI”，加上网络化、平台化与智慧化的“NPI”以及数字化的“DI”，组织智慧（CI）、人力资源智慧（HI）

与人工智能（AI）。这种形态的发展已经在中国高铁创新体系中得到了较高水平的体现，如移动闭塞（zpw 轨道电路及 PBC 无线闭塞中心）、重联编组的 Locotrol 同步操纵技术、列车自动防护系统（ATP）、列车自动驾驶技术（GOA）、智能调度集中及列控系统（CTCS）、运维领域的故障诊断与健康诊断（PHM）、建设领域的

BIM + GIS 融合、12306 服务平台等。目前，中国已经建成三条智慧高铁，一条是 2019 年 12 月开通的京张高铁，另两条分别是京雄城际铁路和跨海的福厦高铁。

中国正积极推动走向创新驱动的高质量转型发展阶段，但很多行业并未像中国高铁一样真正进入创新驱动期，创新多停留在概念宣传的口号层面，并未形成系统性、深层次的认知和共识，部分主体短视行为较重，创新行动力不足，仍然存在以获取政策优惠和寻求政府支持为导向的迎合效应（杨国超和芮萌，2020）和策略性创新（闫静波等，2023），甚至存在“泡沫专利”“问题专利”以及“为创新而创新”的寻租问题（黎文靖和郑曼妮，2016；毛昊等，2018；朱雪忠和胡成，2021），一定程度上造成了“创新假象”（张杰和郑文平，2018），深层的“李约瑟难题”“钱学森之问”仍未得到有效解决。此外，知识要素成为时代发展的核心生产要素，但针对知识要素的有效生产、供给、流通等体制机制设计与社会化服务保障尚需完善，2020—2023 年出现的“知网”风波就暴露出中国在数字化国家知识基础设施建设与服务方面存在短板，与工业时代建构的资本制度与资本服务相比，知识要素的“知本”化与服务化进程还任重道远。

## （二）政府在中推动创新的权变施策

中国在政府与市场的关系上探索出极具特色的动态演进路径，成功摆脱了新古典经济学关于政府与市场关系的分析偏误和陷阱。中国先是通过一系列政府治理改革渐次完成经济转型所需的新型政府与市场的“双重创造”，然后通过“官场 + 市场”双重竞争体制与“双向塑

造”共同克服经济发展中的“市场失灵”与“政府失灵”（周黎安，2023）。国有企业更是具有鲜明政治属性的市场主体，也是政治属性与经济属性的统一体，这是由建设中国特色社会主义和发展社会主义市场经济共同决定的，反映了企业经营行为与政府考核导向的深度互动（郭浩，2017）。

“KTM - RCV”新质发展模式实质上也是“创新推动下的企业双螺旋发展模式”（见图 4）的另一种逻辑与内涵表达，它包括“K - T - M”的创新模式以及“KTM”向“RCV”的内置模式。走上“KTM - RCV”新质发展模式的重点与难点在于，企业需要在 VUCA（易变性、不确定性、复杂性、模糊性）、BANI（易崩塌、焦虑感、非线性、不可知）和 RUPT（急速、莫测、矛盾、纠缠）时代，从传统“RCV”模式向创新驱动的“KTM - RCV”的新质发展模式转型升级。动荡时代的最大危险不是动荡本身，而是沿用过去的逻辑（Peter Drucker，1980）。要克服路径依赖、模式依赖以及战胜模糊与混乱进行“K - T - M”范式转换，需要政府在“K - T”模式段扶上马、在“T - M”模式段送一程，待企业走上战略清晰、模式跃迁、链条通畅的“K - T - M”后，可凭由已经实现“KTM”于“RCV”内置的企业在市场天地间自由地驰骋。

除了发挥政府的力量推动企业走向“KTM - RCV”新质发展模式的阶段转变与模式权变外，政府还要采取最优区分策略识别政府与市场创新作用有效发挥的合理边界。第一，人工智能、新能源、生物医药、量子科技、高端制造、数字经济等战略新兴领域的发展决定了一个国家

的发展未来，战略新兴领域的核心技术（如芯片设计、高端光刻机、量子通信、生物育种等）是现代产业体系的核心命脉，因而，政府不但要加强战略引导，还要在很大程度上加大创新扶持，有效破解国际竞争中的“卡脖子”技术，并掌握发展主动权和优先权。第二，针对诸如高铁、大飞机等复杂产品体系构成的产业领域，政府应注重平台建构，并重点在“K-T-M”创新链条推动其GAP跨越与Chasm跃迁。第三，对于市场化程度较高的产业，如新能源与自动驾驶汽车，政府应高度关注核心技术、前沿技术、共性关键技术的创新突破，重点扶持创新链条上的中心度企业、链主企业和节点企业，通过“雁阵效应”推动该类产业发展。

在动态权变与最优区分的基础上，政府更要注重发挥自身的“强基”职责，在教育领域加强对创新人才和专业人才的教育培养，在知识要素的公共服务领域做好流动促进与优化配置。此外，政府还要利用好政策组合工具，加大对创新绩效的考核与激励，使各类创新主体在明确的预期下形成更强劲的创新动机和创新动力，尤其是构建战略导向与创新导向相结合、业绩驱动和政绩驱动相结合的导向与激励，鼓励各类创新主体调整好短期利益和长期利益的发展关系，重点激励创新推动的企业长期绩效与长效发展，避免形成经济短视行为与创新掩饰行为的激励扭曲。

接受编辑：主编团队

收稿时间：2025年11月25日

接收时间：2025年12月16日

### 作者简介

张明玉（共同第一作者），北京交通大学教育部哲学社会科学实验室主任，经济管理学院学术委员会主席，二级教授，发展战略研究所所长，工商管理一级学科学术带头人，享受国务院政府特殊津贴。国务院学科评议组成员、“万人计划”哲学社会科学领军人才；国家社会科学基金重大项目首席专家；教育部哲学社会科学重大课题攻关项目首席专家。华中科技大学工学博士，南开大学经济学博士后，主要研究领域：战略管理与组织创新、物流管理与流通创新。在《管理世界》等国内外重要学术刊物发表论文百余篇，在科学出版社出版专著多部。作为第一获奖人，获得北京市哲学社会科学一等奖、二等奖；高等学校科学研究优秀成果（人文社会科学）二等奖；北京市科学技术二等奖等省部级学术奖励12项。研究成果多次获得国家领导人的正面批示，并成为国家发布相关政策的重要依据。曾获北京市优秀研究生指导教师；北京市教学名师奖。

王树祥（共同第一作者），北京交通大学发展战略研究所副所长，经济管理学院教授、博士生导师，国家重点研发计划总体专家组专家。北京交通大学获得管理学博士学位，主要研究领域：战略管理与技术创新，物流管理与流通创新。曾获北京市哲学社会科学优秀成果一等奖、二等奖；高等学校科学研究优秀成果（人文社会科学）二等奖；在《中国工业经济》《中国软科学》《管理评论》等刊物发表论文多篇；主持国家级项目多项，出版专著多部。

曾德麟，北京交通大学经济管理学院教授、博士生导师，担任中国企业管理研究会案例研

究专业委员会副秘书长。北京航空航天大学获得管理学博士学位，主要研究领域：复杂产品创新，数字化转型。在《管理世界》、MIS Quarterly 等高水平期刊发表论文 20 余篇，合著《国之重器》等，所开发的案例多次获得全国百篇优秀管理案例奖。主持国家社科基金项目，获得高等学校科学研究优秀成果（人文社会科学）奖。

夏宇寰，山东大学国际创新转化学院副研究员，入选山东省山东哲学社会科学领军人才“111”工程、山东大学齐鲁青年学者未来计划，兼任 Journal of Business Research (ABS3/SSCI) 副主编，北京交通大学获得管理学博士学位，美国加州大学博士联合培养。在 Journal of Applied Psychology (FT50/ABS4\*)、Personnel Psychology (ABS4\*)、Journal of Management (FT50/ABS4\*)、Journal of Occupational and Organizational Psychology (ABS4) 等国际高水平期刊发表论文近 30 篇。主持国家自然科学基金青年项目。

邬文兵（通讯作者，wbwu@bjtu.edu.cn），北京交通大学发展战略研究所副所长，经济管理学院教授、博士生导师，全国经济管理院校工业技术学研究会常务理事，企业管理委员会副主任、秘书长。北京交通大学获得管理学博士学位，主要研究领域：战略管理与组织创新，物流管理与流通创新。曾获北京市哲学社会科学优秀成果奖一等奖、二等奖；高等学校科学研究优秀成果（人文社会科学）二等奖；在《中国软科学》《管理评论》等刊物发表论文多篇；主持国家级项目多项，专著《企业跨越式发展战略——理论、模式与实践》获得北京市

哲学社会科学优秀成果二等奖。

### 参考文献

- [1] 陈劲、阳银娟：《协同创新的理论基础与内涵》，《科学学研究》，2012 年第 2 期。
- [2] 陈劲、尹西明、梅亮：《整合式创新：基于东方智慧的新兴创新范式》，《技术经济》，2017 年第 12 期。
- [3] 陈钰芬、陈劲：《开放式创新促进创新绩效的机理研究》，《科研管理》，2009 年第 4 期。
- [4] 程鹏、柳卸林、陈傲等：《基础研究与中国产业技术追赶——以高铁产业为案例》，《管理评论》，2011 年第 12 期。
- [5] 高柏、李国武、甄志宏等：《中国高铁创新体系研究》，社会科学文献出版社 2016 年版。
- [6] 高柏：《中国高铁的集成创新为何能够成功》，《学术前沿》，2016 年第 5 期。
- [7] 高德步、王庆：《产业创新系统视角下的中国高铁技术创新研究》，《科技管理研究》，2022 年第 12 期。
- [8] 郭浩：《铸牢国有企业政治属性》，《中国纪检监察报》，2017 年 3 月 5 日第 3 版。
- [9] 郭改英：《健全新型举国体制 提升国家创新体系整体效能》，《红旗文稿》，2024 年第 20 期。
- [10] 韩寅：《技术创新的市场失灵机制以及政府作用》，《技术经济与管理研究》，2015 年第 4 期。
- [11] 贺俊、吕铁、黄阳华等：《技术赶超的激励结构与能力积累：中国高铁经验及其政策启示》，《管理世界》，2018 年第 10 期。
- [12] 黄阳华、吕铁：《深化体制改革中的产业创新体系演进——以中国高铁技术赶超为例》，《中国社会科学》，2020 年第 5 期。
- [13] 江鸿、吕铁：《政企能力共演化与复杂产品系统集成能力提升——中国高速列车产业技术追赶的纵

向案例研究》，《管理世界》，2019年第5期。

[14] 黎文靖、郑曼妮：《实质性创新还是策略性创新？——宏观产业政策对微观企业创新的影响》，《经济研究》，2016年第4期。

[15] 黎绍凯、朱卫平、刘东：《高铁能否促进产业结构升级：基于资源再配置的视角》，《南方经济》，2020年第2期。

[16] 李建明、王丹丹、刘运材：《高速铁路网络建设推动中国城市产业结构升级了吗？》，《产业经济研究》，2020年第3期。

[17] 李显君、熊昱、冯国高铁产业核心技术突破路径与机制》，《科研管理》，2020年第10期。

[18] 李欣泽、纪小乐、周灵芝：《高铁能改善企业资源配置吗？——来自中国工业企业数据库和高铁地理数据的微观证据》，《经济评论》，2017年第6期。

[19] 李雪松、孙博文：《高铁开通促进了地区制造业集聚吗？——基于京广高铁的准自然试验研究》，《中国软科学》，2017年第7期。

[20] 李政、任妍：《中国高铁产业赶超型自主创新模式与成功因素》，《社会科学辑刊》，2015年第2期。

[21] 林晓言、李红昌：《高铁内外部效益平衡理论》，《北京交通大学学报（社会科学版）》，2024年第1期。

[22] 林晓言、张爱萍、郝亚平：《中国高铁技术创新三螺旋理论研究》，《北京交通大学学报（社会科学版）》，2017年第2期。

[23] 路风：《论产品开发平台》，《管理世界》，2018年第8期。

[24] 路风：《冲破迷雾——揭开中国高铁技术进步之源》，《管理世界》，2019年第9期。

[25] 罗珉、曾涛、周思伟：《企业商业模式创新：基于租金理论的解释》，《中国工业经济》，2005年第7期。

[26] 吕铁、贺俊：《从中国高铁经验看产业政策和部门创新体系的动态有效性》，《学习与探索》，2018

年第1期。

[27] 吕铁、贺俊：《如何理解中国高铁技术赶超与主流经济学基本命题的“反差”》，《学术月刊》，2017年第11期。

[28] 吕铁、贺俊：《政府干预何以有效：对中国高铁技术赶超的调查研究》，《管理世界》，2019年第9期。

[29] 吕铁、江鸿：《从逆向工程到正向设计——中国高铁对装备制造业技术追赶与自主创新的启示》，《经济管理》，2017年第10期。

[30] 马红梅、郝美竹：《中国高铁建设与沿线城市生产性服务业集聚：影响机制与实证检验》，《产业经济研究》，2020年第1期。

[31] 满勇、刘颖琦：《高铁列车技术创新演进研究：中日两国的对比》，《中国科技论坛》，2021年第1期。

[32] 毛昊、尹志锋、张锦：《中国创新能够摆脱“实用新型专利制度使用陷阱”吗？》，《中国工业经济》，2018年第3期。

[33] 蒙宝思、吴逊、姚金辛：《政府干预与市场机制的协同作用——以集成电路大基金为视角的实证研究》，《科学学研究》，2024年第9期。

[34] 孟捷、张梓彬：《建构性市场、政府内竞争与中国高铁的自主创新——基于社会主义政治经济学视角的阐释》，《经济学动态》，2023年第4期。

[35] 牛子恒、崔宝玉：《高铁开通对劳动力错配的改善效应研究》，《华中科技大学学报（社会科学版）》，2022年第2期。

[36] 欧阳桃花、曾德麟：《拨云见日——揭示中国盾构机技术赶超的艰辛与辉煌》，《管理世界》，2021年第8期。

[37] 钱学森：《创建系统学（新世纪版）》，上海交通大学出版社2007年版。

[38] 盛光祖：《正在阔步前行的中国高铁》，《求是》，2014年第19期。

- [39] 盛昭瀚、薛小龙、安实：《构建中国特色重大工程管理理论体系与话语体系》，《管理世界》，2019年第4期。
- [40] 盛昭瀚、于景元：《复杂系统管理：一个具有中国特色的管理学新领域》，《管理世界》，2021年第6期。
- [41] 孙建军、王树祥、苏志文等：《双元创新价值链模型构建：基于扎根理论的企业创新模式研究》，《管理评论》，2022年第5期。
- [42] 唐伟、孙泽洲、刘思峰等：《举国体制下中国航天复杂系统管理实践与启示》，《管理世界》，2022年第9期。
- [43] 王树祥、唐琮沅：《无形价值链模型及其实证研究》，《生产力研究》，2006年第6期。
- [44] 王树祥、张明玉、王杰群：《生产要素的知识属性与知识价值链研究》，《中国软科学》，2014年第4期。
- [45] 魏江、刘嘉玲、刘洋：《新组织情境下创新战略理论新趋势和新问题》，《管理世界》，2021年第7期。
- [46] 吴欣桐、梅亮、陈劲：《建构“整合式创新”：来自中国高铁的启示》，《科学学与科学技术管理》，2020年第1期。
- [47] 宣烨、陆静、余泳泽：《高铁开通对高端服务业空间集聚的影响》，《财贸经济》，2019年第9期。
- [48] 闫静波、贺小刚、陈元等：《困境企业价值再造：实质性创新还是策略性创新？》，《管理评论》，2023年第6期。
- [49] 闫瑞峰、文婧：《新型举国体制驱动新质生产力发展：历史、理论与实践》，《科学管理研究》，2025年第5期。
- [50] 杨国超、芮萌：《高新技术企业税收减免政策的激励效应与迎合效应》，《经济研究》，2020年第9期。
- [51] 姚博、汪红驹：《高铁、市场整合与区域高质量发展》，《产业经济研究》，2020年第6期。
- [52] 张杰、郑文平：《创新追赶战略抑制了中国专利质量么？》，《经济研究》，2018年第5期。
- [53] 张奔、杨柳、纪亚琨等：《基于多段 Gompertz 方程的高铁轨道技术演化趋势识别》，《情报杂志》，2021年第5期。
- [54] 张三保、陈晨、张志学：《举国体制演进如何推动关键技术升级？——中国3G到5G标准的案例研究》，《经济管理》，2022年第9期。
- [55] 张学文、陈劲：《使命驱动型创新：源起、依据、政策逻辑与基本标准》，《科学学与科学技术管理》，2019年第10期。
- [56] 张洋、胡钰：《国家形象建构中的科技符号遴选：以四国民众对中国高铁喜爱度调查为例》，《新闻春秋》，2023年第5期。
- [57] 张艺、陈凯华、朱桂龙：《产学研合作与后发国家创新主体能力演变——以中国高铁产业为例》，《科学学研究》，2018年第10期。
- [58] 张永凯、汤庆园：《我国高铁技术创新模式演化路径分析》，《世界地理研究》，2023年第4期。
- [59] 周黎安：《从“双重创造”到“双向塑造”——构建政府与市场关系的中国经验》，《学术月刊》，2023年第3期。
- [60] 周麟、贺俊、兰宗敏等：《后发企业如何利用全球生产网络构建自主产品开发平台？——对长城汽车氢能技术产品开发的纵向案例研究》，《管理世界》，2023年第11期。
- [61] 周思思、逯苗苗：《“分离式集聚”还是“协同式集聚”？——高铁网络对产业分布关系的影响研究》，《软科学》，2023年第7期。
- [62] 张永宁、陈磊：《知识特性与知识转移研究综述》，《中国石油大学学报（社会科学版）》，2007年第1期。
- [63] 朱雪忠、胡成：《专利是测度企业技术创新绩效的有效工具吗？》，《科学学研究》，2021年第8期。

- [64] 朱文涛:《高铁服务供给对省域制造业空间集聚的影响研究》,《产业经济研究》,2019年第3期。
- [65] Aghion, P., Akcigit, U., & Howitt, P. 2015. The Schumpeterian growth paradigm. *Annual Review of Economics*, 7: 557–575.
- [66] Bower, J. L., & Christensen, C. M. 1995. Disruptive technologies: Catching the wave. *Harvard Business Review*, 73: 45–53.
- [67] Christensen, C. M. 1997. *The innovator's dilemma: When new technologies cause great firms to fail*. Boston: Harvard Business School Press.
- [68] Christensen, C. M., & Raynor, M. E. 2003. *The innovator's solution: Creating and sustaining successful growth*. Boston: Harvard Business School Press.
- [69] Clark, J. M. 1923. *Studies in the economics of overhead costs*. Chicago: The University of Chicago Press.
- [70] Drucker, P. 1980. *Managing in turbulent times*. London: Routledge.
- [71] Foster, R. N. 1986. Working the S-curve: Assessing technological threats. *Research Management*, 29: 17–20.
- [72] Gilson, L. L., & Madjar, N. 2011. Radical and incremental creativity: Antecedents and processes. *Psychology of Aesthetics Creativity & the Arts*, 5: 21–28.
- [73] Hamel, G. 1991. Competition for competence and interpartner learning within international strategic alliances. *Strategic Management Journal*, 12: 83–103.
- [74] Hamel, G., & Heene, A. 1994. *Competence-based competition*. New York: John Wiley & Sons Ltd.
- [75] Handy, C. 2015. *The second curve: Thoughts on reinventing society*. London: Random House.
- [76] Henderson, R. M., & Clark, K. B. 1990. Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative Science Quarterly*, 35: 9–30.
- [77] Senker, J. 1995. Tacit knowledge and models of innovation. *Industrial and Corporate Change*, 4: 425–447.
- [78] Ben-David, J. 1971. *The scientist's role in society: A comparative study*. New Jersey: Prentice-Hall.
- [79] Katila, R., & Ahuja, G. 2002. Something old, something new: A longitudinal study of search behavior and new product introduction. *Academy of Management Journal*, 45: 1183–1194.
- [80] Kimble, C., Grenier, C., & Goglio-Primard, K. 2010. Innovation and knowledge sharing across professional boundaries: Political interplay between boundary objects and brokers. *International Journal of Information Management*, 30: 437–444.
- [81] Kumar, V., Kumar, U., & Persaud, A. 1999. Building technological capability through importing technology: The case of Indonesian manufacturing industry. *Journal of Technology Transfer*, 24: 81–96.
- [82] Kuhn, T. S. 1962. *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- [83] Lane, P. J., & Lubatkin, M. 1998. Relative absorptive capacity and interorganizational learning. *Strategic Management Journal*, 19: 461–477.
- [84] Levinthal, D. A., & March, J. G. 1993. The myopia of learning. *Strategic Management Journal*, 14: 95–112.
- [85] Lubit, R. 2001. Tacit knowledge and knowledge management: The keys to sustainable competitive advantage. *Organizational Dynamics*, 29: 164–178.
- [86] Lucas, R. E. 1988. On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22: 3–42.
- [87] March, J. G. 1991. Exploration and exploitation in organizational learning. *Organization Science*, 2: 71–87.
- [88] Mazzucato, M. 2013. *The entrepreneurial state*:

*Debunking public vs. private sector myths*. London: Anthem Press.

[89] Merton, R. K. 1993. *Science, technology & society in seventeenth – century England*. New York: Howard Fertig.

[90] Mokyr, J. 1992. *The lever of riches: Technological creativity and economic progress*. New York: Oxford University Press.

[91] Mokyr, J. 1994. Cardwell's law and the political economy of technological progress. *Research Policy*, 23: 561 – 574.

[92] Mokyr, J. 2002. *The gifts of Athena: Historical origins of knowledge economy*. New Jersey: Princeton University Press.

[93] Moore, G. A. 1991. *Crossing the chasm: Marketing and selling disruptive products to mainstream customers*. New York: Harper Business.

[94] Mudambi, R. , & Swift, T. 2014. Knowing when to leap: Transitioning between exploitative and explorative R&D. *Strategic Management Journal*, 35: 126 – 145.

[95] Nonaka, I. , & Takeuchi, H. 1995. *The knowledge – creating company: How Japanese companies create the dynamites of innovation*. New York: Oxford University Press.

[96] Polanyi, M. 1966. *The tacit dimension*. London:

Routledge & Kegan Paul.

[97] Prahalad, C. K. , & Hamel, G. 1990. The core competence of the corporation. *Harvard Business Review*, 68: 79 – 91.

[98] Romer, P. M. 1986. Increasing returns and long – run growth. *Journal of Political Economy*, 94: 1002 – 1037.

[99] Sevara, M. 2010. *Development impacts of high – speed rail: Megalopolis formation and implications for Portugal's Lisbon – Porto high – speed rail link*. Ph. D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology.

[100] Swift, T. 2016. The perilous leap between exploration and exploitation. *Strategic Management Journal*, 37: 1688 – 1698.

[101] Teece, D. J. , Pisano, G. , & Shuen, A. 1997. Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18: 509 – 533.

[102] Tushman, M. L. , & O' Reilly, C. A. 1996. Ambidextrous organizations: Managing evolutionary and revolutionary change. *California Management Review*, 38: 8 – 30.

[103] Utterback, J. M. , & Kim, L. 1986. Invasion of a stable business by radical innovation. *R&D Management*, 16: 113 – 151.